（参考資料）

農林水産省委託プロジェクト研究
気候変動に対応した循環型食料生産等のための技術開発

～アウトリーチ活動等の事例～

１　気候変動対策プロジェクト研究・ポータルサイトの開設

２　研究成果のプレスリリース（事例）
- ○　高設栽培イチゴの収穫の中休み軽減技術
- ○　アミノ酸バランスを改善した飼料により養豚における温室効果ガス排出量を約４０%削減

３　栽培管理マニュアルの作成（事例）
- ○　浮皮軽減のための技術情報
- ○　帰化アサガオ類まん延防止技術マニュアル
- ○　畑土壌可給態窒素の簡易・迅速評価マニュアル

４　国際シンポジウム等（事例）
- ○　農業分野における温暖化緩和技術の開発（ＭＡＲＣＯ）
- ○　ＡＰＥＣ食料安全保障ワークショップ
- ○　森林研究に関する国際ワークショップ

５　国内シンポジウム等（事例）
- ○　地球温暖化と北海道の農業・農村
- ○　水稲の高温登熟障害に対応した安定生産に向けて
- ○　地球温暖化に立ち向かう新たな稲作と水田管理
- ○　実践から学ぶＲＥＤ Ｄプラス
- ○　グローバルなＲＥＤＤプラスの枠組構築に向けて
- ○　飼料作物の病害虫・雑草とその環境保全型防除
- ○　家畜ふん尿処理利用研究会
- ○　有機農業研究者会議（2010，2011）

研究プロジェクトポータルサイト

地球温暖化と農林水産業

行政担当者、営農指導者、農林水産業従事者、地球温暖化に関心のある一般の方などのご利用をお待ちしています。

Information

- 農林水産省委託の気候変動対策プロジェクト研究
- これまでの地球温暖化対策研究の成果情報
- 行政機関や研究機関から発信される新着情報
- キッズ向け学習コンテンツ
- 研究アルバム
- 専門用語を解説する用語集

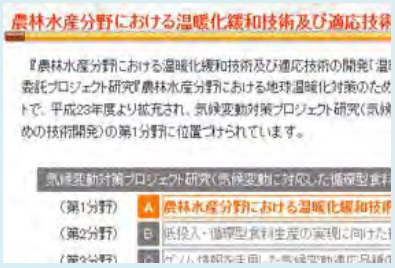
http://gpro.dc.affrc.go.jp

http://gpro.dc.affrc.go.jp

主なコンテンツ

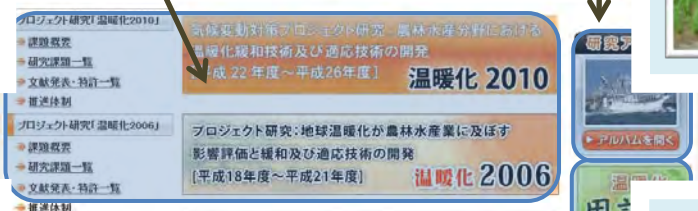
プロジェクト研究

課題概要・課題一覧・文献発表・推進体制を掲載。



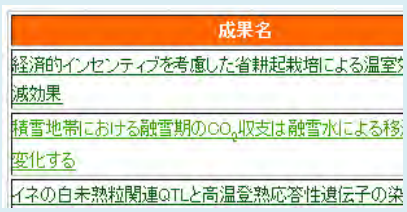
研究アルバム

農林水産業への温暖化影響や実験施設などの画像を紹介。



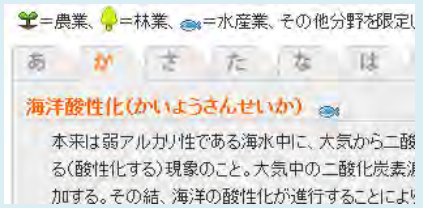
その他温暖化研究

農水省委託プロジェクト研究以外の温暖化研究成果を紹介。



用　語　集

地球温暖化と農林水産業に関連する専門用語をやさしく解説。

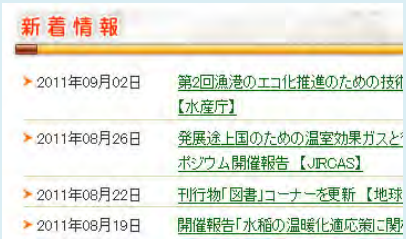


刊　行　物

レポート・パンフレット、シンポジウムの要旨集を紹介。

新着・イベント情報

行政・研究機関の新着情報、シンポジウムの案内を掲載。



キッズコーナー

影響評価・予測・緩和・適応という観点から、Q&A形式で学ぶ。

Webサイト『地球温暖化と農林水産業』の運営を担うため、（独）農業・食品産業技術総合研究機構、(独)農業環境技術研究所、(独)国際農林水産業研究センター、(独)森林総合研究所、(独)水産総合研究センターの５法人によって設置された事務局です。

お問い合わせ

Webサイト『地球温暖化と農林水産業』運営事務局
(独)農業環境技術研究所 研究コーディネータ内
〒305-8604 茨城県つくば市観音台3-1-3
ＦＡＸ：029-838-8146
e-mail：gpro@niaes.affrc.go.jp

プレスリリース

平成２３年６月１日

独立行政法人　農業・食品産業技術総合研究機構
近畿中国四国農業研究センター

高設栽培イチゴの収穫の中休み軽減技術

－新規就農者・高齢者にも使いやすい、より効果的なイチゴ高設栽培技術により、経営改善を目指す－

ポイント

・10～11 月に出荷した後 2 ヶ月間ほど「収穫の中休み」が生じるイチゴ栽培において、その期間を 30 日程度短縮できる技術を開発しました。

・気化熱を利用した培地の昇温抑制技術と緩効性被覆肥料の施肥法との組み合わせにより、2 番目の花房の花芽の分化・出蕾を早めることができます。

・本技術の導入により、これまで中休み期間となっていた 1 月中の出荷量が増加し、収益の向上が期待されます。

概要

１．農研機構 近畿中国四国農業研究センター【所長　長峰　司】は、促成のイチゴ高設栽培における簡便で低コストな「収穫の中休み軽減技術」を開発しました。

２．気化熱を利用した培地の昇温抑制技術と、緩効性の被覆肥料を用いたイチゴの体内窒素濃度の調節により、収穫の連続性を向上させる技術です。第 1 花房と第 2 花房間の収穫の中休みを軽減するだけでなく、従来法と同程度の収量が得られることも大きな特徴です。

３．施肥は基肥を定植前に施用するだけでよく、液肥の給液装置やそれに伴う給排液管理は不要です。

４．既設のイチゴ高設栽培ハウスに本技術を適用する場合、資材コストは透湿防水シートが 10a あたり 15 万円程度、ランニングコストは送風のための電気料金が 10a で 1 作あたり 3 万円弱であり、低コストで本技術の導入が可能です。簡単で労力の負担も少なく、新規就農者や高齢者にも取り組みやすく、小規模経営にも適した技術です。

＜関連情報＞

予算：農林水産省委託プロジェクト「農林水産分野における地球温暖化対策のための緩和及び適応技術の開発」

特許：特願 2010-293564、特願 2008-327663

問い合わせ先

研究推進責任者：農研機構 近畿中国四国農業研究センター 所長　長峰　司
研究担当者：農研機構 近畿中国四国農業研究センター 環境保全型野菜研究領域
山崎 敬亮
TEL　0773-42-0109
広報担当者：農研機構 近畿中国四国農業研究センター 企画管理部 情報広報課
十鳥 博
TEL 084-923-5385　FAX 084-923-4106

本資料は、筑波研究学園都市記者会、農業技術クラブ、京都府政記者クラブ、兵庫県政記者クラブ、滋賀県政記者クラブ、大阪府政記者クラブ、奈良県政記者クラブ、和歌山県政記者クラブ、福山市政記者クラブ、日本農業新聞中国四国支所、日本農業新聞大阪支所、山陽新聞、広島県政記者クラブ、岡山県政記者クラブ、香川県政記者クラブ、愛媛県政記者クラブ、徳島県政記者クラブ、高知県政記者クラブ、綾部市政記者クラブに配付しています。

背景と経緯

イチゴ栽培において高単価な 10～11 月出荷を目指す早期出荷作型では、気候の温暖化によりイチゴの花芽分化時期が遅れ、第 1 花房と第 2 花房の間に出荷できない期間が発生する、いわゆる「収穫の中休み」現象が問題となっています（図 1）。第 1 花房は、8 月下旬～9 月上旬の定植に合わせて人為的に分化させるのに対して、第 2 花房の分化は定植後の環境条件に左右されてしまいます。そのため昨今の 9 月～10 月中の気温ではなかなか花芽が分化せず、結果的に 1 月下旬や 2 月上旬の収穫開始となり、2 ヶ月もの中休みが発生することもあります。

そこで近畿中国四国農業研究センターでは、早期出荷作型における収穫の中休みを 30 日程度短縮できる技術を開発しました。

本技術の内容

本技術の目的は、収穫の中休みを軽減するため、第２花房の花芽分化を促進しつつ第1、第２花房の収量も確保することです。そのために、本技術は高温期の花芽分化を促進させるための培地の昇温抑制技術、および施肥法によって植物体内の窒素濃度を調節して花芽分化の誘導と収量の確保を両立させる技術の２つから構成されます。さらに、中小規模の農家経営体にも導入可能な低コスト技術の開発も目指しました。

１．気化熱を利用した培地の昇温抑制技術

１－１．培地の昇温抑制装置

気化熱を利用して培地の温度上昇を防ぐため、栽培槽に不織布シートなど透水性を有する資材を使用します。不織布シートからしみ出すかん水の余剰水を送風により強制的に気化させ、気化熱により不織布表面の温度を低下させて培地温度の上昇を抑えます(図 2)。昇温抑制効率を高める工夫として、透湿防水シートを送風ダクトとして、また遮熱性を活用して上面のマルチとして使用しています。

１－２．培地の昇温抑制の効果

培地の昇温抑制装置を組み込んだ高設栽培では、日中 3～5℃程度の昇温抑制効果が得られました。イチゴ品種‘紅ほっぺ’を試験栽培した場合、8 月下旬の定植後から 50 日間程度、昇温抑制装置を 1 日 12 時間作動させることで、第 2 花房の出蕾日が平均で 5～10 日程度早くなります（図 3)。

２．連続出蕾性と収量性を両立させる施肥法

２－１．イチゴの花芽分化と体内窒素濃度の関係

イチゴは、体内窒素濃度が低い状態で花芽分化を誘導しやすく、高い状態で生育や収量性が維持されます。収穫の中休みを解消するためには、第 1 花房と第 2 花房を連続的に分化・出蕾させることが必要です。本技術では、定植後に第 2 花房の分化を促すため、しばらくは窒素肥料を与えず体内窒素濃度を低い状態に保ち、ある期間が経過した後に第 1 花房の収量性を維持するために窒素を供給するという施肥設計を行いました。

２－２．シグモイド型緩効性被覆肥料を基肥とした施肥法の効果

肥料成分の溶出開始時期や溶出持続期間の異なる緩効性被覆肥料を数種類配合し、連続出蕾性を向上させながら、収量性を維持できる施肥法を開発しました。配合した肥料を基肥として施用することにより、定植後のイチゴの体内窒素濃度を低く保つことができます。これまでのリニア型緩効性被覆肥料を利用した施肥法と比較すると、第2花房の出蕾を2週間から20日程度早めることができ、収穫開始を20日程度早められました。また、第1花房および第2花房の収量は従来法と同程度に確保され、収量性を維持したまま第2花房の出蕾を格段に早めることができるようになりました（図4）。

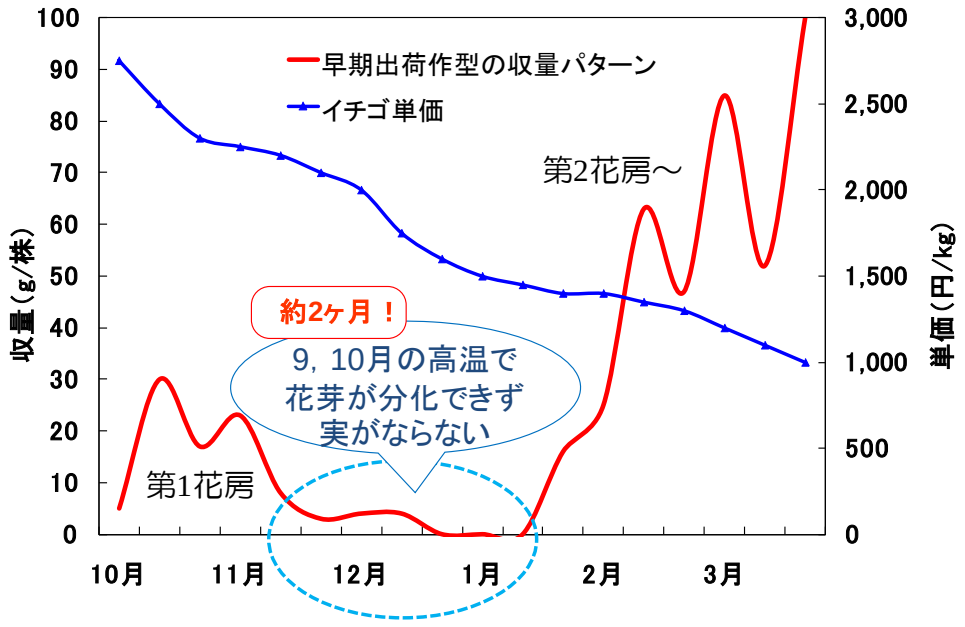


図 1　早期出荷作型における「収穫の中休み」の実態
（‘さちのか’）とイチゴ平均単価の推移(2007 年)

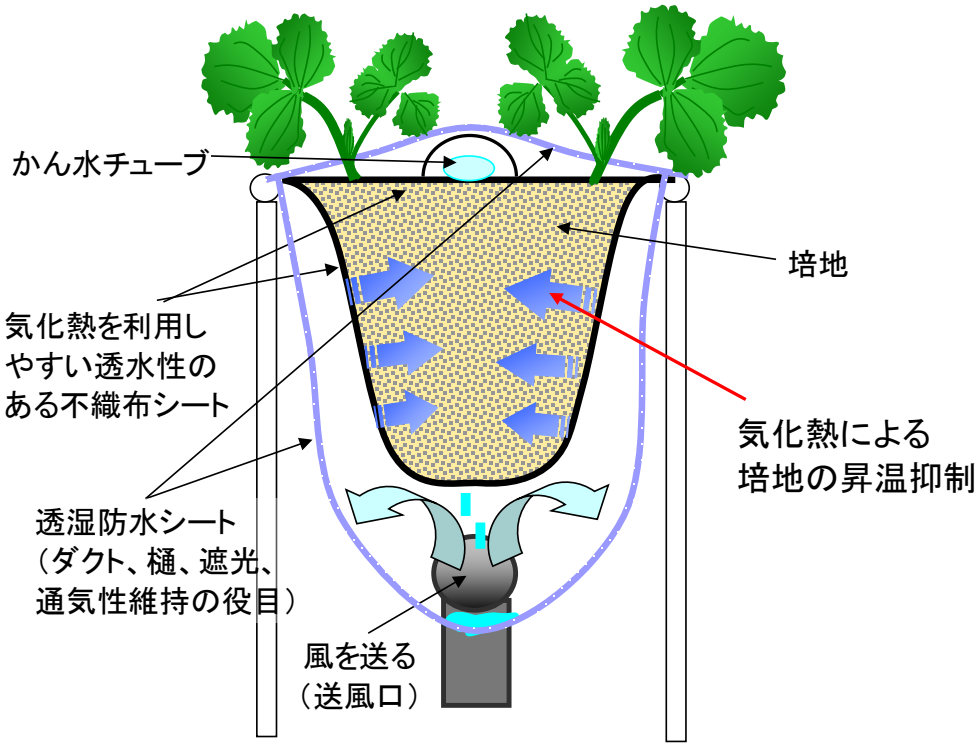


図 2　培地の昇温抑制装置の概略図

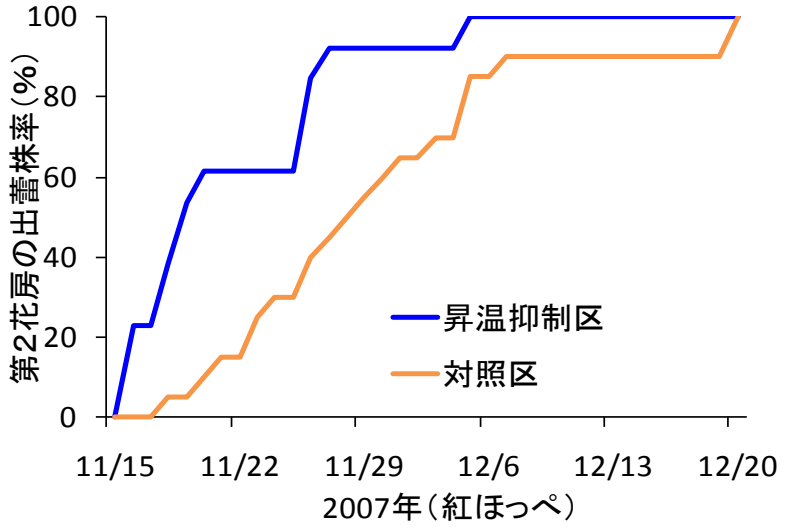


図 3　培地の昇温抑制による第 2 花房の出蕾促進効果

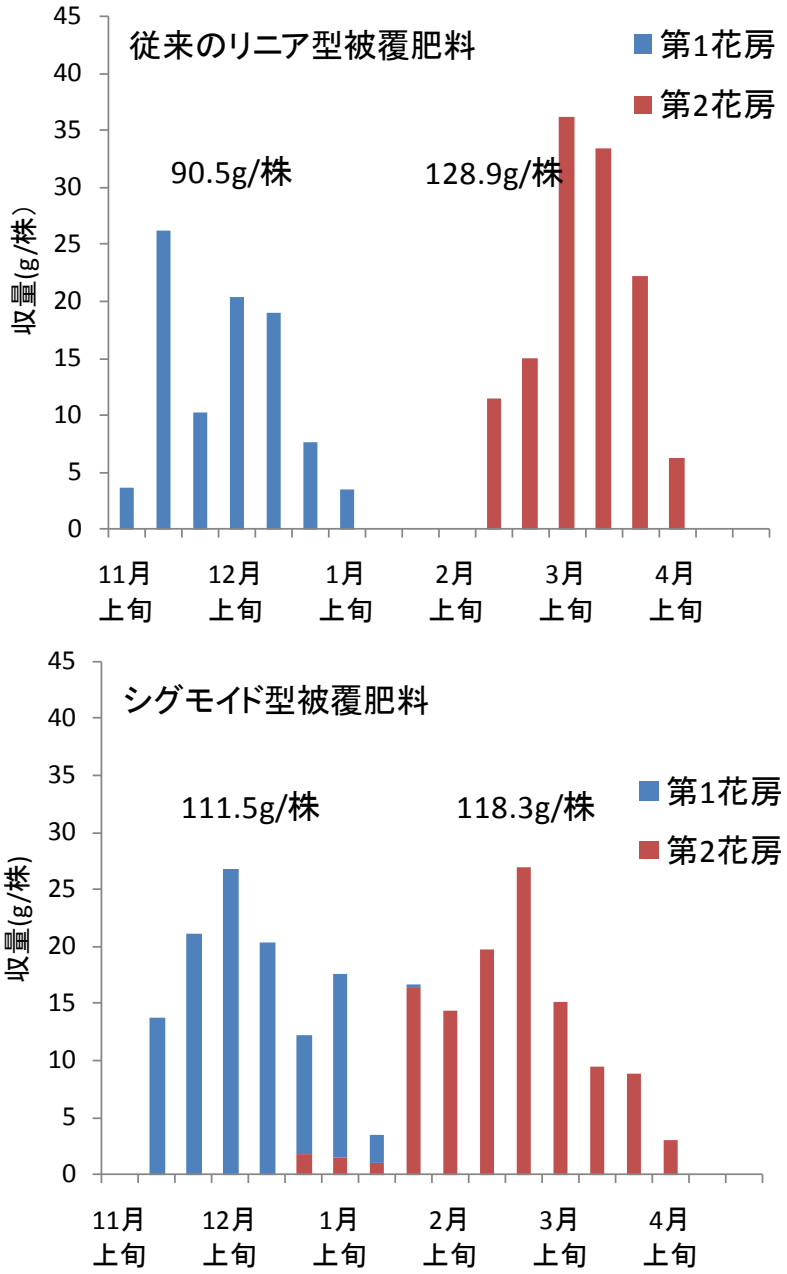


図４　第１花房と第２花房の旬ごとの１株あたり収量の推移　（2009 年、さちのか）

*本試験では両区とも昇温抑制装置を作動させている

今後の予定・期待

気化熱を利用した培地の昇温抑制技術は、栽培槽に透水性シートを使用している高設栽培装置であれば応用が可能です。その際、資材コストは透湿防水シート 10a あたり 15 万円程度です。送風時の電気代は 1 日 12 時間で 50 日間作動させた場合、10a で 3 万円弱です。2009 年度からは兵庫県の生産者圃場に本技術を導入して実証試験が始まっています。

シグモイド型緩効性被覆肥料を用いた施肥法では、慣行のリニア型緩効性被覆肥料よりも、10a あたりの肥料代が 2 万円程度低くなると試算しています。また、平成 20 年産の東京市場での平均単価に照らして、第 1 花房と第 2 花房の収穫時期のみを比較すると、本技術を採用することで販売額が 10a あたり約 18 万円多くなるという

結果でした。
本技術は、中山間地域など中小規模の経営体を意識し、また新規就農者や高齢者を対象として、できるだけ低コストで簡便な技術を目標として研究・開発を進めてきました。今後、実用的な技術として現場での利用が期待されます。

用語の解説

○高設栽培
立ち姿勢で作業しやすい位置にイチゴの株を設置して、作業姿勢の改善によって軽作業化や省力化を実現したイチゴの栽培方法です。イチゴの株が地面から隔離されているのが特徴的で、人工的な培養土（培地）を使用します。

○培地
培土や培養土とも呼びます。植物栽培における根圏の維持、根による養分の吸収源として「土（土壌）」の役割を果たします。イチゴ高設栽培では、地面と隔離されたているため、様々な有機物や鉱物などを混合して軽量な培地を用いるのが一般的です。

○花房
成長点で分化した一番目の花を第 1 花として、その下方に枝分かれしながら複数の花が着生し房のように花がついた状態を花房と呼びます。イチゴでは品種や栽培・環境条件によって異なりますが、1 花房中の花の数は、数個から百個前後までと幅広く、促成栽培の 1 シーズン中に 10 本程度の花房から連続的に収穫します。

○花芽分化
それまで葉を分化していた成長点において、生殖のために花になる芽を作ることです。日長や温度、植物体の栄養状態などが花芽分化の引き金となります。

○短日夜冷処理
人為的に日長を短くし夜間 13～15℃の低温に遭遇させる処理を 15～30 日程度繰り返すことです。この処理によりイチゴの第 1 花房（頂花房）の分化を誘導します。

○出蕾
分化した花芽が発達して葉の間などから肉眼で確認できるようになることです。

○緩効性被覆肥料
水溶性の化成肥料を樹脂などでコーティングして、肥料成分が徐々に溶け出すように調節された肥料のことです。リニア型とは、肥料が水に触れた直後から一定程度の成分を溶出する肥料で、シグモイド型とは、水に触れてもすぐには成分を溶出せず、調整された一定期間後から肥料成分の溶出が始まる肥料です。例えば、25℃の土壌温度において、30 日間は成分溶出を抑制し、その後成分の溶出が始まり含有成分の 80%を溶出するまでの期間が約 30 日といった肥料です。いずれのタイプとも温度（土壌温度）により溶出速度が異なります。

プレスリリース

平成 23 年　月　日

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 畜産草地研究所
国立大学法人 新潟大学農学部
群馬県畜産試験場
味の素株式会社 バイオ・ファイン事業本部 飼料部

アミノ酸バランスを改善した飼料により養豚における温室効果ガス排出量を約 40%削減

ポイント

- 肥育豚にアミノ酸をバランスよく与えることで、生産性に影響なく、ふん尿中の窒素排出量が低下し、一酸化二窒素の発生を約 40%削減できることを検証しました。
- この成果により、国内で初めての一酸化二窒素の排出削減の取り組みとして、肥育豚への低蛋白質飼料の給与が「オフセット・クレジット(J-VER)制度」及び「国内クレジット制度」のクレジットとして認証されました。

概要

農研機構畜産草地研究所【所長　松本光人】は、新潟大学、群馬県畜産試験場、味の素(株)と共同研究を行い、肥育豚に飼料中のアミノ酸バランスを整えた低蛋白質飼料を給与することで、従来の飼料に比べ、生産性に影響なく、ふん尿中の窒素排出量が低下し、一酸化二窒素(N_2O，二酸化炭素の 310 倍の温室効果を有するガス)の発生を約 40%削減できることを実証しました。

この成果により、国内で初めて一酸化二窒素の排出削減量が「オフセット・クレジット(J-VER)制度」及び「国内クレジット制度」のクレジットとして認証され、肥育豚への低蛋白質飼料の給与をカーボン・オフセットや排出権取引に利用することが可能になりました。

予算：共同研究「豚排泄糞尿由来の温室効果ガス発生の抑制」
(農研機構、新潟大学、群馬県、味の素(株))
農林水産省委託プロジェクト研究「気候変動に対応した循環型食料生産等の確立のための技術開発」(農研機構ほか)

問い合わせ先など

研究推進責任者：農研機構 畜産草地研究所 畜産環境研究領域長　島田 和宏
研究担当者：国立大学法人 新潟大学農学部 教授　高田 良三
研究担当者：群馬県畜産試験場 中小家畜係　櫛渕 隆之
研究担当者：味の素株式会社　バイオ・ファイン事業本部
飼料部開発グループ　高木　智
研究担当者：農研機構 畜産草地研究所 畜産環境研究領域　長田　隆
TEL 029-838-8675
広報担当者：農研機構 畜産草地研究所 情報広報課長　児玉 正文
TEL 029-838-8611　FAX　029-838-8628

本資料は筑波研究学園都市記者会、農政クラブ、農林記者会、農業技術クラブに配付しています

開発の社会的背景

地球規模で進む温暖化対策として、農業分野においても温室効果ガスの発生量を削減することが喫緊の課題となっています。畜産業においては家畜排せつ物から発生する一酸化二窒素（N_2O）、メタン（CH_4）および反すう家畜の消化管内発酵によるメタンの発生量の削減が重要な課題となっています（図 1）。

研究の経緯

これまで肥育豚への低蛋白質飼料の給与は、肥育豚のふん尿中の窒素量を約 30%削減できることから、環境保全的であると考えられてきました。しかしながら、温室効果ガスの削減効果が検証されていないために、温暖化緩和対策としては生産現場への導入が躊躇されていました。このため、農研機構畜産草地研究所は、家畜排せつ物から発生する温室効果ガスを精密に測定・評価する方法を開発するとともに、新潟大学、群馬県畜産試験場、味の素株式会社と共同して、肥育豚への低蛋白質飼料給与による温室効果ガス削減効果の評価を行いました。

研究の内容・意義

1．家畜排せつ物から発生するメタンおよび一酸化二窒素を精密に測定・評価することができるガス発生量計測システムを開発しました。

2．このガス発生量計測システムと、日本の一般的な養豚農家で導入されている家畜ふん尿管理施設（強制通気型堆肥化処理施設と汚水浄化処理施設）を小型化した試験装置を組み合わせることによって、低蛋白質飼料給与による温室効果ガス削減効果の検証が可能となりました。

3．結晶性アミノ酸でバランスを整えた低蛋白質飼料（表１）を給与した肥育豚のふん尿と、慣用飼料を給与した肥育豚ふん尿を採取して、その処理全過程で発生する温室効果ガス発生総量を比較しました。

4．その結果、肥育豚(体重 38kg程度)1 頭 1 日あたりの温室効果ガスの発生量は、低蛋白質飼料区が 133.3 g CO_2eq、通常飼料区が 218.9 g CO_2eqでした(図２)。また、肉生産量及び肉質は、低蛋白質飼料区と通常飼料区で相違がないことを確認しました（図 3、図４、表 2)。

5．このことから、アミノ酸でバランスを整えた低蛋白質飼料を給与することによって、生産性に影響することなく温室効果ガスを約 40%削減できることが確認できました（図２、３、４、表２)。

６．本研究成果により、低蛋白質飼料給与による温室効果ガス排出削減量は、国内初の一酸化二窒素削減対策として「オフセット・クレジット（J-VER）制度」及び「国内クレジット制度」の方法論として追加されました。

７．本研究成果は、昨年 10 月の畜産の温暖化に関する国際研究集会(GGAA2010)で公表され、本年 4 月末に欧州専門誌 Animal Feed Science and Technology に掲載されました。

今後の予定・期待

肥育豚への低蛋白質飼料給与がオフセット・クレジット（J-VER）制度や国内クレジット制度の対象とされたことから、国内の養豚農家での活用が進むと期待されます。また、国際的にも温室効果ガス削減方法として認知されたことから、豚の飼養頭数が急増しているアジア各国においても豚肉増産と温室効果ガス削減を両立させる技術として導入が進む可能性が高いものと期待されます。

用語の解説

アミノ酸バランス：家畜の飼料は穀物や大豆かすなどを組み合わせて給与されている。これら飼料中のアミノ酸の含有量は、家畜の栄養素としては過不足無く必要量を満たすものではない。家畜の増体に必要なアミノ酸のバランスが配慮されない飼料で必要量を充足させる場合は過剰に蛋白質を与えることとなる。低蛋白質飼料は、家畜にとって必須のアミノ酸が不足しないように、バランスを整える必要がある。

低蛋白質飼料：従来の飼料より蛋白質含量が低い飼料。豚が成長に必要とするアミノ酸バランスを整え、余分なアミノ酸が少ないので、環境負荷となるふん尿中の窒素量が低減されると期待される。

カーボン・オフセット：人間の経済活動や生活などを通じて排出されたCO_2などの温室効果ガスのうち削減が困難な量の全部または一部を、植林・森林保護など他の事業によって直接的、間接的に吸収し埋め合わせ（オフセット）ようとする考え方や活動の総称。

オフセット・クレジット（J-VER）制度：カーボン・オフセットの取組を広めるためには、カーボン・オフセットの取組について信頼性を構築する必要があるため平成 20 年 11 月に制度が立ち上げられた環境省が設置した認証運営委員会で基準を定めて認証する制度。環境省の「カーボン・オフセットに用いられる VER(Verified Emission Reduction)の認証基準に関する検討会」により発行・認定するオフセット・クレジット制度のこと。ク

レジットとは債権という意味。本制度にて促進支援すべき排出削減・吸収プロジェクトの種類を予め特定し、現在 31 の方法論がポジティブリストとして公表されている。（2011/12 現在）　http://www.4cj.org/jver/

国内クレジット制度：国内クレジット制度は、平成 20 年 10 月に政府全体の取組みとして開始された、大企業等による技術・資金等の提供を通じて、中小企業等が行った温室効果ガス排出削減量を認証し、自主行動計画や試行排出量取引スキームの目標達成等のために活用できる制度。現在、「豚への低タンパク配合飼料の給餌」を含め、52 件の排出削減方法論が承認されている。
http://jcdm.jp/index.html

CO_2eq：二酸化炭素等量。温室効果ガスの温暖化効果を二酸化炭素の温室効果に換算した値。

ポジティブリスト：J-VER制度では、削減方策の対象となるプロジェクトの種類をあらかじめ「ポジティブリスト」として提示。その上で、プロジェクトを登録するための適格性に関する基準と、温室効果ガスの排出削減・吸収の算定やモニタリング方法を定めた「方法論」を作成している。同制度に基づき、市場でのニーズが高いJ-VERを創出するプロジェクトに関するアイディアをモデル事業として募集し、現在、「低タンパク配合飼料利用による豚のふん尿処理からのN_2O排出抑制」を含む 30 種類を採択。

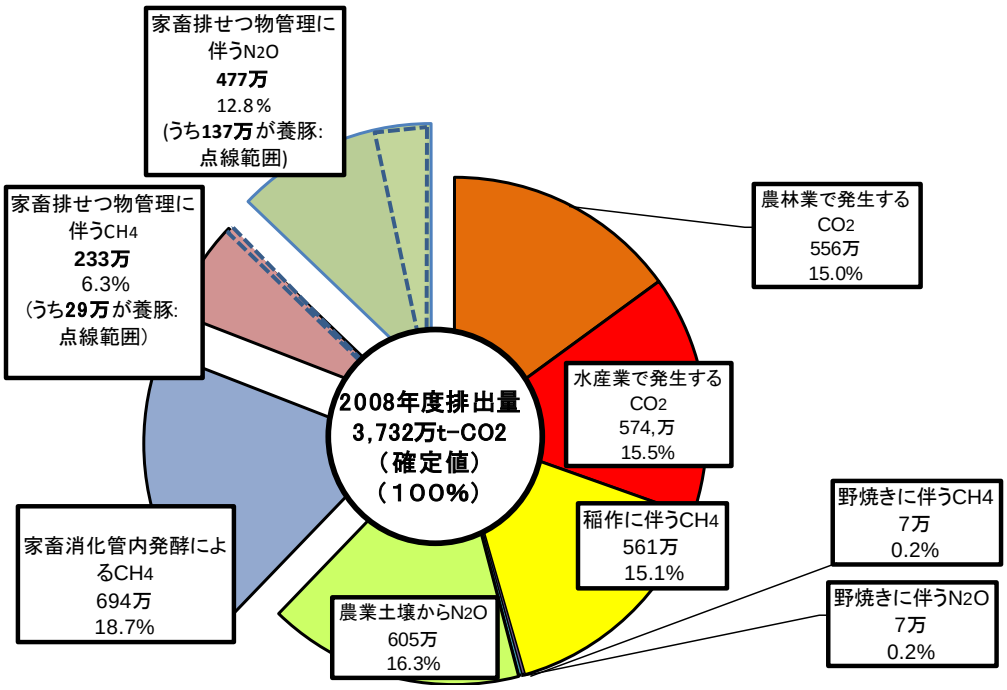


図１　農林水産業から発生する温室効果ガス

家畜排泄物管理起源の排出は、CH_4（233 万トン）と N_2O（477 万トン）

表１　慣用飼料と低蛋白質飼料の組成の違い

	慣用飼料(CP16.0)	低蛋白質飼料(CP13.3)
トウモロコシ	61.9	69.05
大豆粕	25.5	18
玄米	10	10
L-リジン塩酸塩	-	0.21
L-トレオニン	-	0.06
DL-メチオニン	-	0.06
L-トリプトファン	-	0.02
食塩、ビタミン等	2.6	2.6
合計	100	100

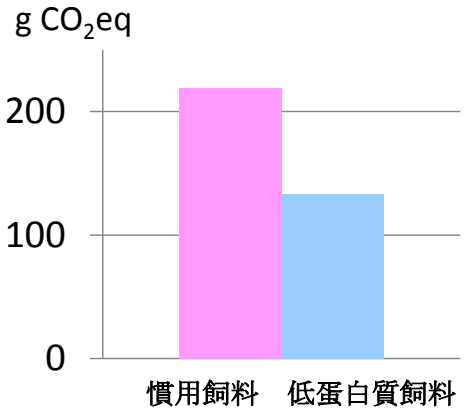


図２　温室効果ガス発生量の比較

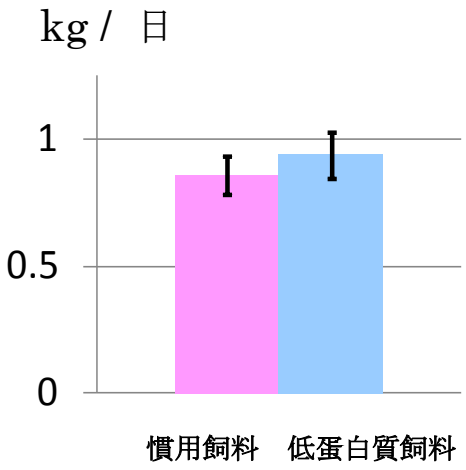


図３　肥育前期の日増体量の比較

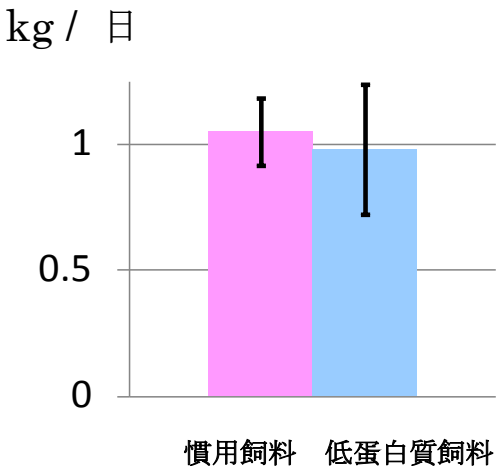


図４　肥育後期の日増体量の比較

表２　慣用飼料と低蛋白質飼料の肉質

区分	慣用飼料	低CP飼料
背脂肪厚（cm）	1.9 ± 0.4	2.1 ± 0.3
上物率（%）	37.5	42.9
厚脂による格落ち（頭）	1	1

体重115kg 到達後に、（株）群馬県食肉卸売市場でと殺し、枝肉にした各区8頭の成績。
枝肉格付け成績は、（社）日本食肉格付協会群馬事業所の成績を用いた。

浮皮軽減のための技術情報

ジベレリンとプロヒドロジャスモンを混合して散布する新しい浮皮軽減技術

独立行政法人 農業･食品産業技術総合研究機構

果樹研究所

＜目　　次＞

Ⅰ　温暖化とウンシュウミカンの浮皮の発生 …… 1

Ⅱ　浮皮軽減のための対策技術 …… 2

Ⅲ　ジベレリンとプロヒドロジャスモンによる浮皮軽減技術 …… 3

　　作用性 …… 3

　　使用法 …… 3

Ⅳ　ジベレリンとプロヒドロジャスモンの上手な利用条件 …… 4

　　異なる結実量条件での作用性の検討 …… 4

　　異なる土壌管理条件での作用性の検討 …… 6

Ⅴ　おわりに …… 8

Ⅵ　参考文献 …… 8

Ⅰ　温暖化とウンシュウミカンの浮皮の発生

浮皮とは、果皮と果肉が分離する現象が激しくなった状態を示し、貯蔵・輸送中に腐敗しやすい、味が淡泊になるなどの問題があります（写真－１）。浮皮は、温度が一定の場合には湿度が高いほど、湿度が一定の場合には温度が高いほど発生しやすいことが示されています（河瀬、1984a）。

近年、果樹栽培においても、温暖化の影響が出てきています。このような状況の中、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）果樹研究所の杉浦らは、温暖化が原因と推定される障害の発生状況について、全国規模のアンケート調査を実施しました（2004）。その結果、ウンシュウミカンにおいては、ハウスみかんの花芽分化の遅延、着色不良、生理落果の助長などのほかに、浮皮の発生を温暖化が原因で多発している障害として指摘しています。

また、「品目別地球温暖化レポート」（農林水産省生産局　平成 19 年）を策定し、そのなかで、ウンシュウミカンについては、温暖化による生産現場における現象として、①着色不良、②日焼け果の増加、③浮皮の発生などをとりあげ、当面の対策や今後必要な技術開発の課題を示しました。

写真－１　浮皮果（左）と正常果（右）

Ⅱ　浮皮軽減のための対策技術

浮皮は、窒素施用量が多いと、発生が助長される傾向にあります（鳥潟ら、1955；河瀬、1984b）。このため、果実成熟時の窒素の肥効を小さくする肥培管理が重要となり、例えば、夏肥の施用後に降雨がない場合には、夏肥の遅効きを避けるために灌水を行うなどの工夫が有効と考えられます。

また、摘果法の改善により、浮皮を軽減できることも明らかにされています。後期重点摘果（井上ら、2005）、樹冠表層摘果（北園、2007）、樹冠上部摘果（高木ら、2009）などは、浮皮を軽減することが可能な摘果法とされています。

これらの栽培管理技術のほかに、浮皮軽減に利用可能な農薬が表－１のとおり登録されています。炭酸カルシウム水和剤や塩化カルシウム・硫酸カルシウム水溶剤は、含有されるカルシウムが果皮の細胞の接着を強固にする作用や果実からの水分の蒸散を促進する作用（樹上予措作用）などを発揮し、浮皮を軽減できると考えられています（河瀬、1984c；牧田、1998）。エチクロゼート乳剤は、植物ホルモンのオーキシン活性を有する農薬で、同種の活性を有する農薬の中で、唯一浮皮軽減作用を示します。ジベレリンとプロヒドロジャスモン液剤は、それぞれが、植物ホルモン活性を有しています。平成 22 年２月に、これらの薬剤が農薬登録され、使用時に混合して散布する新しい浮皮軽減技術ができました。

表－１　ウンシュウミカンにおいて登録されている浮皮軽減に有効な農薬

農薬の種類	農薬の名称	使用方法
炭酸カルシウム水和剤	クレフノン	・100倍 ・収穫1か月前から収穫直前までの間に1回散布
塩化カルシウム・硫酸カルシウム水溶剤	セルバイン	・300倍 ・生理落果終了から着色期までに20～30日間隔で2～3回散布
エチクロゼート乳剤	フィガロン乳剤	・2000～3000倍 ・1回目:蛍尻期、2回目:蛍尻期の2週間後の２回散布
ジベレリン[注1)]とプロヒドロジャスモン液剤の混用	ジベレリン[注2)]とジャスモメート液剤を混用	・ジベレリン水溶剤又は液剤の3.3～5ppmとプロヒドロジャスモン液剤の1000～2000倍を混用 ・収穫予定日の3か月前（但し、収穫45日前まで）に１回散布

注１）農薬の種類として、ジベレリンには、水溶剤と液剤がある。

注２）ジベレリンの農薬の名称として、水溶剤には、「ジベレリン明治」、「ジベレリン協和粉末」、「ジベレリン協和錠剤」、「ジベレリン明治錠剤」、「STジベラ錠」、「STジベラ錠５」があり、液剤には、「ジベレリン明治液剤」、「ジベレリン協和液剤」がある。

Ⅲ　ジベレリンとプロヒドロジャスモンによる浮皮軽減技術

ジベレリンの浮皮軽減効果は、古くから知られていましたが、薬害の発生などで実用化できませんでした（倉岡ら、1966）。しかし、牧田ら（2004）により、プロヒドロジャスモン液剤と混用することで、①浮皮軽減効果を保ちつつ、ジベレリンの処理濃度を低下できること、②薬害の発生が回避できることが示されたことから、実用化に向けた研究が進みました。混用散布の作用性と使用法は以下のとおりです。

（作用性）

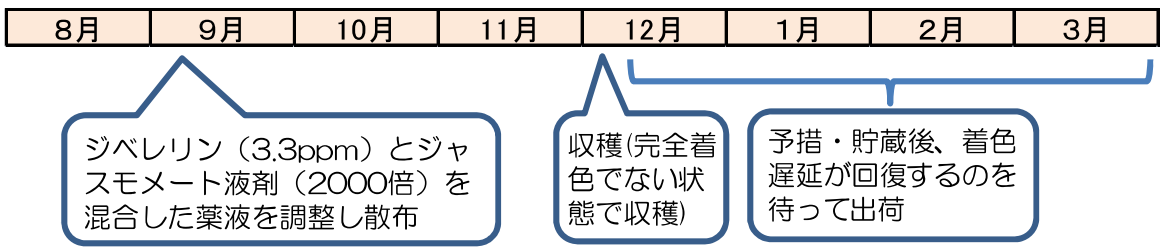
浮皮軽減効果は高いですが、着色が遅延するために、慣行の収穫期に収穫して、貯蔵せずに出荷するタイプのウンシュウミカンには現時点では使用できません（表－2）。このため、通常の出荷時期よりも樹上に長く着生させるミカン（樹上完熟）や貯蔵ミカンのように、着色するのをゆっくり待つことができる作型に使用が限定されます（表－2）。

表－2　ジベレリンとプロヒドロジャスモンの混用散布の効果

浮皮軽減効果	浮皮軽減効果は高く、品種や年次にかかわらず安定的な作用を示します。
散布にともなう副作用	着色が遅延するほか、果頂部に緑斑（涙滴斑）が残る場合があります。
使用できるウンシュウミカンの作型	十分に着色させることが可能な、貯蔵用・樹上完熟用ウンシュウミカンに限定されます。

（使用法）

散布濃度は、ジベレリンについては 3.3～5ppm、プロヒドロジャスモンについては 25～50ppm（ジャスモメート液剤を 1000～2000 倍に希釈した濃度）で使用できますが、上記の最低濃度である「ジベレリン 3.3ppm とプロヒドロジャスモン 25ppm（ジャスモメート液剤を 2000 倍に希釈）」が推奨されています（高橋、2010）。散布時期は、9月上旬が推奨されています（高橋、2010）。図－1 は貯蔵用ウンシュウミカンにおける参考事例です。



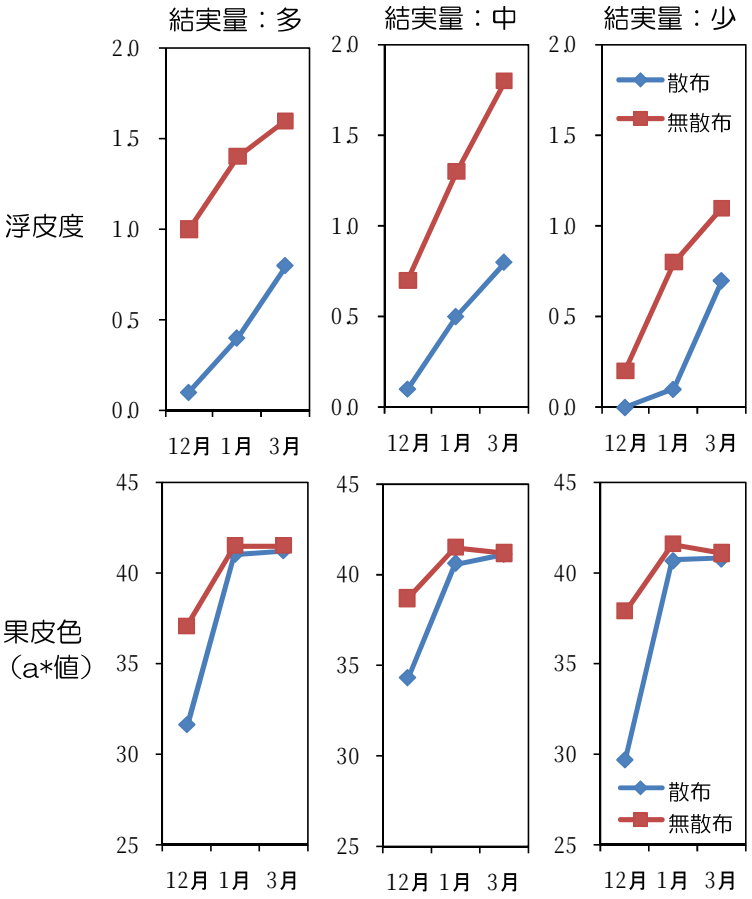
図－1　貯蔵用ウンシュウミカン（品種：青島温州）における使用法の参考事例

Ⅳ　ジベレリンとプロヒドロジャスモンの上手な利用条件

ジベレリンとプロヒドロジャスモンの混用散布を行う場合の、樹体条件や土壌条件について検討を行いました（澤野、2010；高橋、2010）。

（異なる結実量条件での作用性の検討）

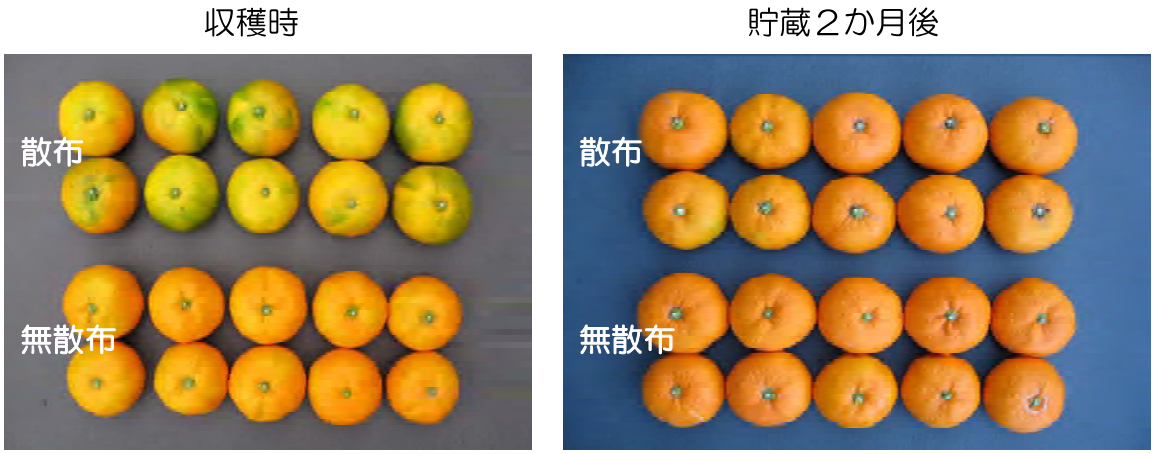
結実量を調整した樹体（多：105 個／m^2、中：81 個／m^2、少：47 個／m^2）を用いて収穫時の 12 月と貯蔵中の１および３月に浮皮度（浮皮無を０、軽を１、中を２、甚を３とした４段階評価）と果皮色（色差計を用いて a*値を測定。a*値が高いほど赤色が濃い）を測定しました。



図－２　青島温州の浮皮と果皮色に及ぼすジベレリン（3.3ppm）とプロヒドロジャスモン（25ppm）の混用散布の影響
注１）静岡県農林技術研究所果樹研究センター

その結果、結実量の多少にかかわらず、貯蔵後の１および３月でも、ジベレリンとプロヒドロジャスモンの混用散布による浮皮軽減効果は継続すること、収穫時に見られた果皮の着色遅延は、貯蔵後にはほとんどなくなることが明らかとなりました（図－2、写真－2）。

なお、散布によって糖度が低下する場合があり（データ略）、結実量が多い場合には、その影響が大きいことから、適切な結実量に摘果してから散布を行うことが重要と考えられます。また、結実量が少ない場合には、他の結実量の場合に比べて、散布による浮皮軽減効果は明瞭でないため（無散布でも浮皮が軽微）、着色遅延や糖度低下等の副作用を避けるよう、散布を控えることが望ましいと考えられます。



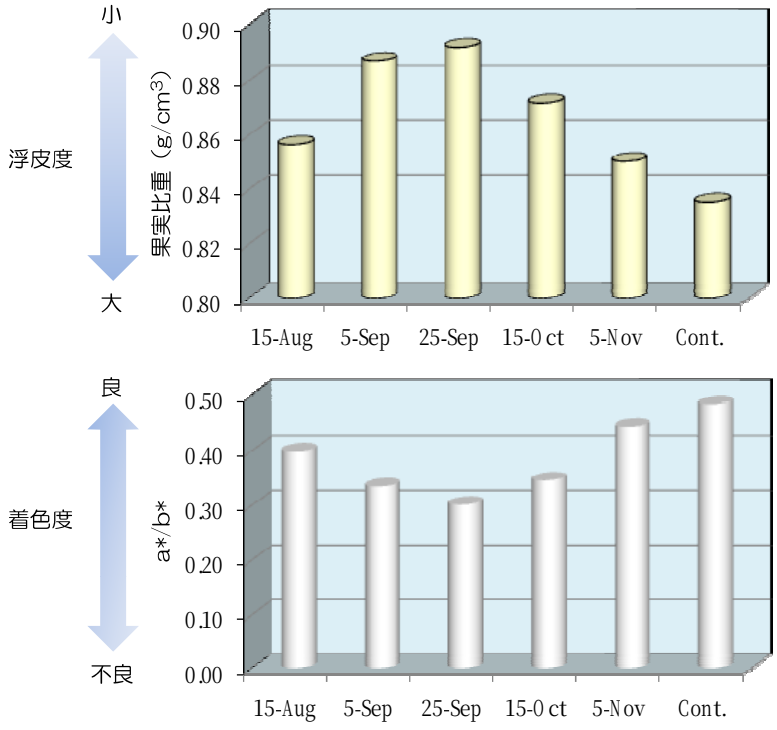
写真－２　青島温州の着色に及ぼすジベレリンとプロヒドロジャスモンの混用散布の影響（左：収穫時、右：貯蔵２か月後）

注１）静岡県農林技術研究所果樹研究センター

（参考情報：散布時期と浮皮・着色との関係）

８～11 月にかけて時期別にジベレリンとプロヒドロジャスモンの混用散布を行った結果、９月の散布で浮皮軽減効果が高く、それに伴う着色遅延も顕著になることを観察しました。

それより早い時期（８月）や遅い時期（10、11 月）に散布した場合には、浮皮軽減効果が劣る反面、着色遅延は緩和される傾向にあります。



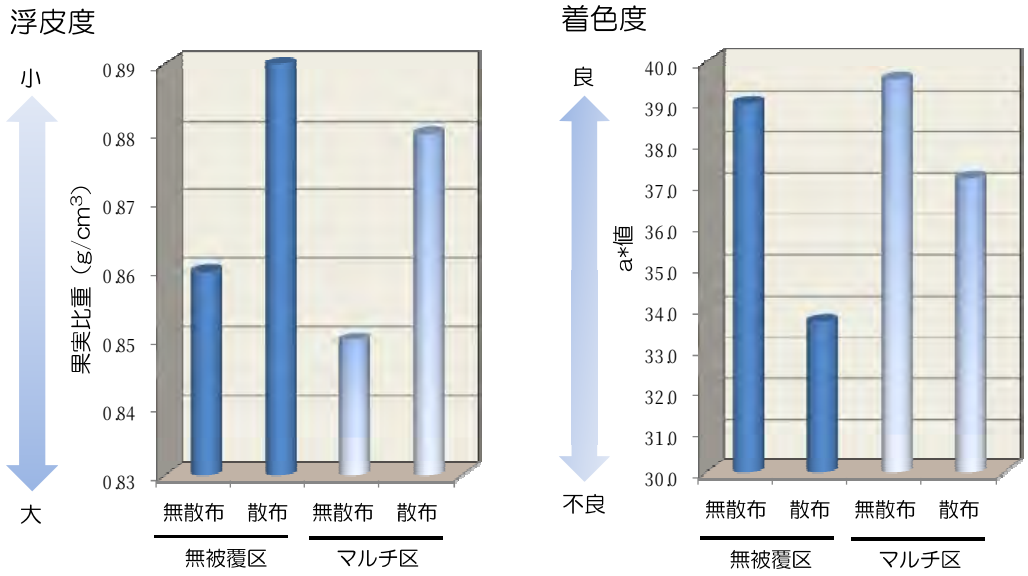
図－３　ジベレリンとプロヒドロジャスモンの混用散布時期の影響

注１）シルバーヒル温州を適期に収穫して評価

注２）農研機構果樹研究所

（異なる土壌管理条件での作用性の検討）

透湿性のマルチシートを土壌に被覆する条件（マルチ区）と被覆しない条件（無被覆区）を設定し、ジベレリンとプロヒドロジャスモンの混用散布の作用性を比較しました。ジベレリンとプロヒドロジャスモンの混用散布は、マルチシートを被覆した場合でも、浮皮軽減効果を発揮しました（図－4）。さらに、ジベレリンとプロヒドロジャスモンの混用散布による着色遅延は、マルチシートの被覆により緩和されることが明らかとなりました（図－4、写真－3）。



図－4　マルチシートの被覆の有無がジベレリン（3.3ppm）とプロヒドロジャスモン（25ppm）の混用散布の作用性に及ぼす影響

注１）浜松市北区三ヶ日町で実施。青島温州を植栽した園地にマルチシートを８月に被覆。
１１月 26 日収穫時の結果。
注２）静岡県農林技術研究所果樹研究センター

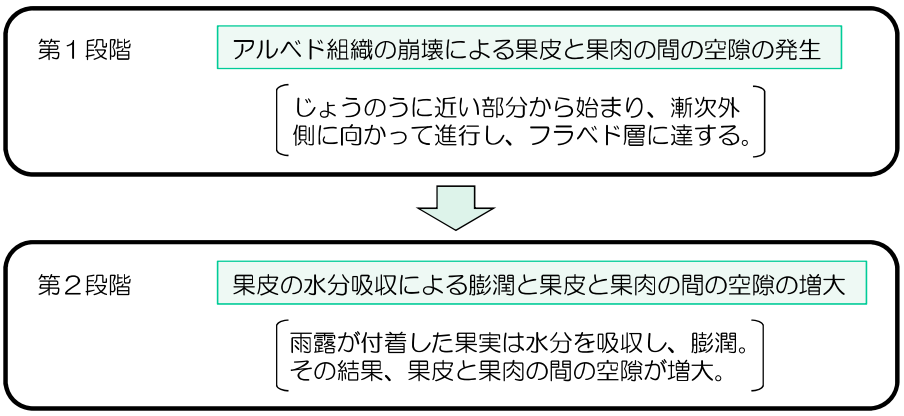
写真－3　ジベレリン（3.3ppm）とプロヒドロジャスモン（25ppm）を混用散布した果実の果皮色（収穫時）

注１）実施方法は図－4 と同様
注２）静岡県農林技術研究所果樹研究センター

（参考情報：浮皮の発生過程と浮皮軽減メカニズム）

浮皮は、アルベド組織（果皮の白色の組織）が崩壊し、果皮と果肉の間に空隙が生じ（図－５の第１段階）、その後、果皮の吸水・膨潤により、果皮と果肉の間の空隙が増大（図－５の第２段階）して進行します（倉岡、1962）。

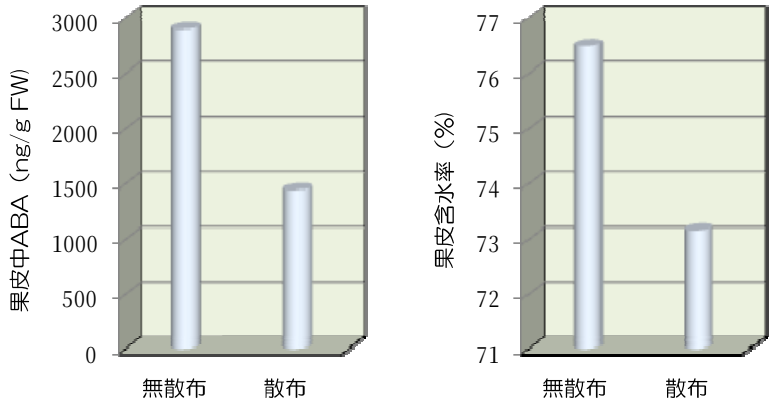
ジベレリンとプロヒドロジャスモンの混用散布の浮皮軽減メカニズムについては、明確にはわかっていませんが、処理に伴う着色遅延の状況から、果実の成熟を遅らせ、第１段階に進みにくくしていることが、メカニズムの１つと想定されます。また、果皮のアブシシン酸（ABA）と含水率が、散布後低下することが判明しました（図－6）。ABA は、気孔（水蒸気を通過させる表面の組織）を閉鎖する役割があるため、この含有量の低下が、気孔の閉鎖を妨げることにより、果皮の水分蒸発の促進・含水率の低下に関与して、第２段階の水分による果皮の膨潤を軽減できた可能性も考えられます。



図－５　ウンシュウミカンにおける浮皮発生の過程

注１）倉岡（1962）の報告に基づき作図

注２）アルベド：果皮の白色の部分の組織、フラベド：果皮のオレンジ色の部分の組織、じょうのう：果肉を含む袋状の組織



図－６　ジベレリンとプロヒドロジャスモンの混用散布による果皮のアブシシン酸（ABA）含量と含水率の変化

注１）青島温州にジベレリン（5ppm）とプロヒドロジャスモン（50ppm）を９月に混用散布し、11 月中旬に収穫した果実を分析。

注２）農研機構果樹研究所

Ⅴ　おわりに

ここでは、着果量や土壌管理法（マルチシートの被覆の有無）を変えて、ジベレリンとプロヒドロジャスモンの混用散布の作用を観察し、貯蔵ミカンでの有効性を紹介しました。しかし、ジベレリンとプロヒドロジャスモンとの混用散布は、その他の条件の影響で予想以上の着色遅延などの副作用が発生する可能性は否定できません。このため、現時点では、長期貯蔵用などの一部の園地に限定して使用を開始することが推奨されます。また、ここでは紹介していない使用上の注意事項が購入した農薬に記載されています。この注意事項を十分守って使用してください。

Ⅵ　参考文献

河瀬憲次．1984a．果樹試験場報告D．6：41-56.

杉浦俊彦ら．2004．平成 16 年度果樹研究成果情報．25-26.

鳥潟博高ら．1955．園芸学研究集録．7：42-48.

河瀬憲次．1984b．京都大学学位論文．29-65.

高木信雄ら．2009．愛媛県農林水産研究所果樹研究センター研究報告．1：1-8.

井上久雄ら．2005．平成 16 年度近畿中国四国農業研究成果情報．359-360.

北園邦弥．2007．農業研究成果情報（熊本県農林水産部発行）．No．328.

河瀬憲次．1984c．果樹試験場報告D．6：57-76.

牧田好高．1998．果実日本．53(3)：24-27.

倉岡唯行ら．1966．園芸学会昭和 41 年度春季大会研究発表要旨．43-44.

牧田好高ら．2004．園芸学会雑誌．73(別 2)：106.

高橋哲也．2010．柑橘．62(8)：12-16.

澤野郁夫．2010．園芸学研究．9(別 1)：54.

倉岡唯行．1962．愛媛大紀要第６部（農学）．８：106-154.

- 本資料についての問い合わせは下記宛てにお願いします。

〒424-0292　静岡県静岡市清水区興津中町 485-6
独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構果樹研究所
カンキツ研究興津拠点　生駒吉識
電話：054-369-7100
FAX：054-369-2115
E-mail：yoshino@affrc.go.jp

- 本資料の研究結果（図－2、3、4、6および写真－2、3）は、農林水産省プロジェクト研究「地球温暖化が農林水産業に及ぼす影響評価と緩和及び適応技術の開発」（平成 20～21 年）において、農研機構果樹研究所ならびに静岡県農林技術研究所果樹研究センターが実施したものです。

- 「浮皮軽減のための技術情報」は、農研機構果樹研究所のホームページにも掲載予定です。

- 現在、農林水産省プロジェクト研究「農林水産分野における地球温暖化対策のための緩和及び適応技術の開発（平成 22～26 年度）」において研究を継続しており、研究の進捗にあわせて本資料の内容を更新する計画です。

本資料の掲載内容については、無断で転載、複製、放送、販売などに利用することはできません。

「浮皮軽減のための技術情報」2010 年９月３０日　初版発行

編集･発行/独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構果樹研究所
〒305-8605　茨城県つくば市藤本２－１
電話：029-838-6454/FAX：029-838-6437
e-mail：xx145112@naro.affrc.go.jp
ホームページ：http://fruit.naro.affrc.go.jp

http://fruit.naro.affrc.go.jp

2010

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 果樹研究所
〒305-8605 茨城県つくば市藤本2-1
お問い合わせ／TEL:029-838-6454 FAX:029-838-6437 E-MAIL: xx145112@naro.affrc.go.jp

農林水産省委託プロジェクト研究
「気候変動に対応した循環型食料生産等の確立のための技術開発」成果

帰化アサガオ類まん延防止技術マニュアル

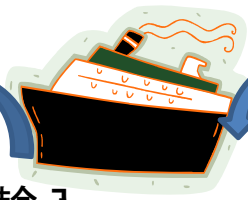
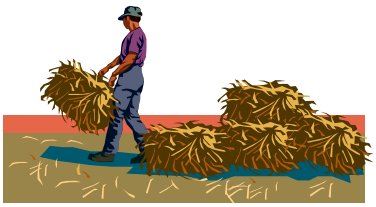
帰化アサガオ類の地域全体へのまん延を防止するためのほ場周辺管理技術

Ver.2

（独）農業・食品産業技術総合研究機構
中央農業総合研究センター
2011年11月

ほ場周辺でアサガオのような雑草を見かけたことはありませんか？

これらは**外国から侵入**した**帰化雑草**で**帰化アサガオ**といいます。

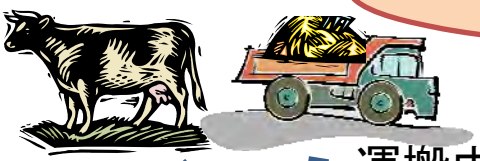



輸入

雑草種子が
混ざっている飼料

外国の雑草種子が
混ざっている飼料

雑草の侵入まん延経路

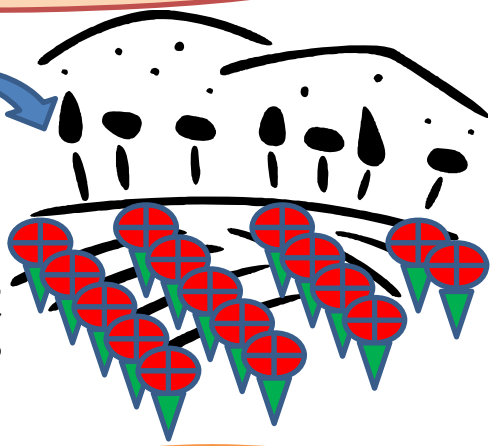


堆厩肥
から？

運搬中に
落下？

雑草侵入

種子生産
・まん延
広げるのは
農業機械？
人？　水？



侵入初期の多くは
ほ場周辺で発生して
います。ここで防除し
ないと・・・

ほ場内や地域
全体でまん延したら
防除がますます困難
になります！

帰化アサガオの
地域全体へのまん延を防ぐには
ほ場周辺の管理が重要です

ほ場周辺の帰化アサガオは種子を作ってほ場内や地域全体に広がっていきます

侵入初期に適期に防除し、**種子を作らせない**で下さい。

大豆畑に入り込むと、**除草剤が効きにくく**、つるが大豆にまきつくので、**防除は大変困難**になります。

大豆を押しつぶす帰化アサガオ

帰化アサガオは気温が高いほど生育がよく、**温暖化によって分布域や被害の拡大**が予想されます。

地域全体へのまん延を防ぐには
種子を作らせないことが重要です

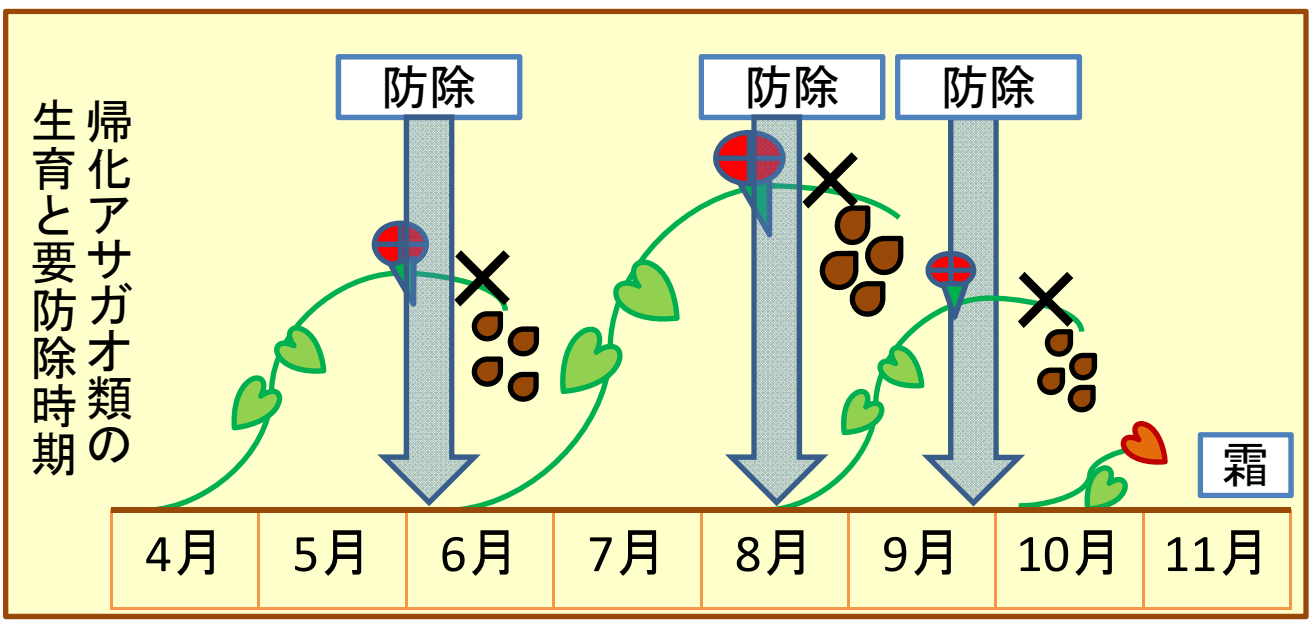
花が咲いたら直ちに防除！

畦畔や農道脇などで見かけたら、
種子を作らせないように
開花・結実前に防除することが重要です。

ほ場周辺では、刈り取りや
非選択性茎葉処理除草剤で防除します

結実前に年に3回は必ず防除！

1回目の防除：6月上旬
2回目の防除：8月中旬
3回目の防除：9月下旬（茨城県つくば市の例）



※帰化アサガオ類は4月から10月まで長期にわたり発生して開花・結実するので、年1回の防除では不十分です。

こんなところが要注意です!

マルバルコウが繁茂した大豆畦畔

ホシアサガオが繁茂した水田畦畔

マルバルコウがからみついた道路と水路の間のフェンス

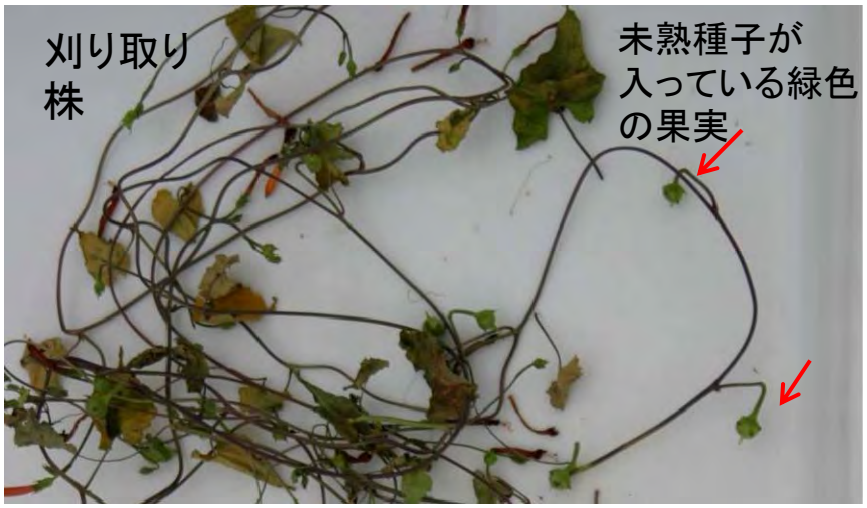
防除方法と注意事項

刈り取りによる防除

【注意点】
・再生防止のために**地際から刈り取るか抜き取る**
・種子の後熟防止のために**刈り取った株を放置しない**

5cmの高さで
刈り取っても…

刈り株の**節からつる**が伸び、1週間後には1m近くになります。



3週間後、果実は茶色く乾燥し、中に完熟種子ができています。

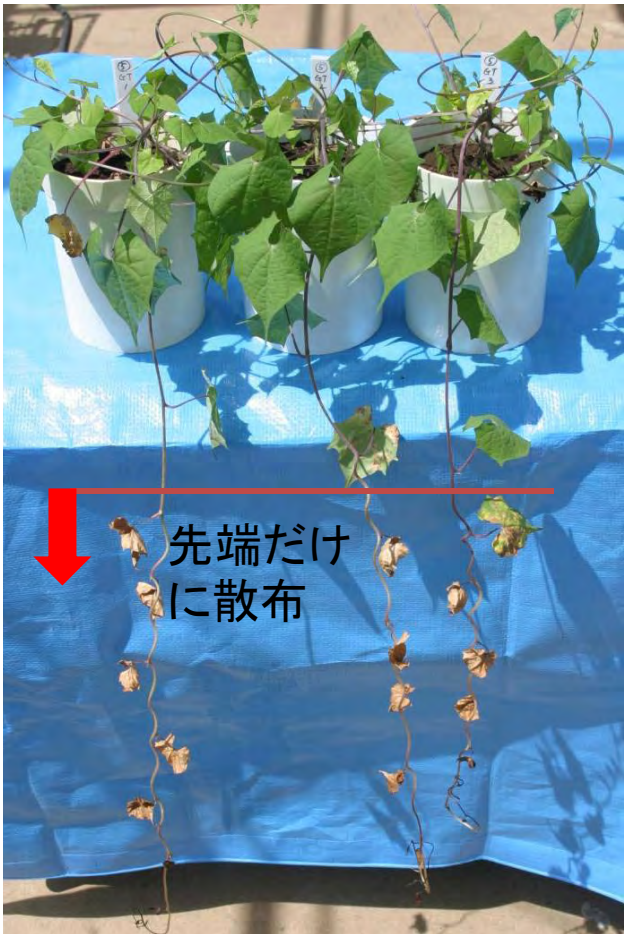
開花後に刈り取って放置すると、緑色の果実の中の未熟種子が**後から熟して発芽力のある種子**になります。

非選択性茎葉処理除草剤による防除

除草剤は使用上の注意をよく読んで、登録内容に従って使用して下さい。

【注意点】
- **グルホシネート液剤（バスタ液剤）等**が有効
- 上の方の葉や先端だけでなく**株元まで十分かかるように散布する**
- **周りの作物にかからないように**散布する

下の写真はグルホシネート液剤（500ml/100L相当）を⬇から下に散布した時の1週間後の状況です。



先端だけに散布するとかかったところだけ枯れて株元の方は枯れません。

株元に散布すると先端まで枯れます。

葉が重なっている時は、株元までかかるようにていねいに散布する必要があります。

帰化アサガオの種類と特徴

ほ場周辺で問題となっている帰化アサガオは、ヒルガオ科でサツマイモの仲間ですが、花が次々と咲き、**種子**で増えます。
原産地は熱帯および温帯アメリカです。つる性で**気温が高いほど生育が旺盛**になります。
すでに日本に数種類が侵入しています。発生が多いのは、関東以西ですが、**東北地方でも確認**されています。

温暖化によって分布域と生育量が大きくなることが予想されます

サツマイモの葉

マルバアメリカアサガオ（アメリカアサガオの変種で葉に切り込みがない。その他の形質は変わらない。）

葉やつるやガクに毛が多い。
子葉の切れ込みは小さく丸みをおびる。
ガクはつぼみの頃から先端が細長く大きく反り返る。
花は赤～青色と様々で直径約3cm。

アメリカアサガオ

マルバルコウ

葉に毛がない。子葉の切れ込みは小さく丸みをおびる。
花はオレンジ色で直径約1.5～2cm。

ホシアサガオ

葉に毛があるがめだたない。
子葉の切れ込みが深くとがっている。
花はピンク色で直径約1.5～2cm。葉から飛び出して咲くように見える。

マメアサガオ

葉に毛があるがめだたない。
子葉の切れ込みが深くとがっている。葉の縁が紫になりやすい。
花は白色、まれにピンク色で直径約1.5～2cm。

帰化アサガオを侵入初期に防除してまん延を防ぎましょう

ほ場周辺においても密度が高くなると、防除が困難になります。侵入初期の防除が有効です。

帰化アサガオは条件がよいと一株で数千～数万粒の種子を作ります。種子は寿命が長く、土の中で何年も生きていて、水田にしても死にません。ほ場周辺をよく観察し、帰化アサガオを見つけたら、種子ができる前に防除してください。

ほ場内に侵入したら防除がますます困難になります。土壌処理剤や選択性茎葉処理剤が効きにくく、つるがまきつくため機械除草も困難です。

帰化アサガオを地域全体にまん延させないため、侵入初期に種子を作らせないタイミングでの防除が重要です。

大豆畦畔からほ場内へ侵入するマルバルコウ

参考となる資料

(独)農研機構　平成21年度研究成果情報(共通基盤・雑草部会)

・温暖地での帰化アサガオ類の出芽開花結実時期に基づく圃場周辺の要防除時期

・温暖地以北の大豆畑における帰化アサガオ類の発生状況と被害内容

大豆ほ場内における防除マニュアルも作成予定です・・・

■ 本資料は農林水産省委託プロジェクト研究（気候変動対策プロ）
「気候変動に対応した循環型食料生産等の確立のための技術開発」
の成果に基づいて作成されました。

■ 「帰化アサガオ類の地域全体へのまん延を防止するためのほ場
周辺管理技術」およびその関連情報は、農研機構中央農業総合
研究センターのホームページに掲載しています。

■ 本資料についての問い合わせは下記にお願いします。

独立行政法人　農業・食品産業技術総合研究機構
中央農業総合研究センター
雑草管理担当　澁谷知子・黒川俊二
〒305-8666　茨城県つくば市観音台3-1-1
TEL　：　029-838-8481（代）
E-mail　：　kusa-daizu@naro.affrc.go.jp

畑土壌可給態窒素の
簡易・迅速評価マニュアル

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構
中央農業総合研究センター
資源循環・溶脱低減研究チーム

はじめに

この畑土壌可給態窒素の簡易・迅速評価マニュアルは、実用技術開発事業(旧　高度化事業、課題番号 18053)で得られた成果をもとに、平成 21 年度から開始された農林水産省委託プロジェクト「地域内資源を循環利用する省資源型農業確立のための研究開発」で開発された手法を取りまとめたものです。

施肥の基本は、土壌に不足する養分を適切な時期に適切な方法で適量施用することです。したがって、土壌診断をおこなって土壌の養分状態を知ることが、適正施肥の第一歩となります。なかでも土壌からゆっくりと作物に供給される窒素（地力窒素）は、土壌の作物生産力を左右する重要な診断項目の一つです。堆肥などの有機質資材を施用して地力窒素を維持・向上させることは大切ですが、地力窒素が必要以上に高まると、作物への窒素供給の調節が難しくなり、栽培面では過繁茂・倒伏など、環境面では硝酸による地下水汚染の問題が生じます。このため、地力窒素の多少に応じた窒素施肥や有機物施用が望まれます。

しかし、地力窒素の指標として使用されている可給態窒素(地力増進基本指針における普通畑の目標値：乾土 100g 当たり 5mg 以上)は、土壌を4週間培養して測定するので、結果を得るまでに時間がかかり、また操作も簡単ではありません。そこで、これまでに多くの簡易推定法が提案されてきましたが、土壌の種類によっては使用できないことや、高価な分析機器が必要であるなど、汎用性、利便性に問題がありました。このため、可給態窒素を分析項目に含めている土壌分析機関は少なく、地力窒素を知りたいという生産者のニーズに応えることができませんでした。

そこで、普及センターや民間の土壌分析機関は勿論、生産者自らも簡単に操作できる畑土壌可給態窒素の簡易判定法を開発しました。普及指導関係の方や生産者の方に、肥培管理の違いによって地力窒素がどのように変化するかを実感していただければ幸いです。

(独)農研機構　中央農業総合研究センター
資源循環・溶脱低減研究チーム長　加藤直人

表紙の写真　　左上；黄色土、右上；多腐植質黒ボク土
左下；灰色低地土、右下；淡色黒ボク土

目　次

第１章　分析法の概要 …… １
１．分析手順の概略 …… １
２．分析法の特徴 …… ２
３．分析法の注意点 …… ２

第２章　土壌の採取・調製方法 …… ５
１．分析する土壌を採取する …… ５
２．採取した土壌の調製方法 …… ５

第３章　分析に用いる道具 …… ７
１．生産者向け …… ７
２．土壌分析機関向け …… ９

第４章　分析操作の詳細 …… １０
１．生産者向け …… １０
２．土壌分析機関向け …… １８

第５章　分析法に関する Q&A …… ２７

第1章　分析法の概要

1．分析手順の概略

分析手順の概略を下に示しました。

土壌をはかり取り、80℃のお湯を注いで 16 時間保温し、抽出された有機物量から可給態窒素量を求めます。設備の整っている分析機関では、抽出有機態炭素量、あるいは抽出窒素量を測定して可給態窒素量を推定しますが、生産者などでは抽出液の COD（化学的酸素消費量）を市販の簡易測定キットを用いて、色で判定します。

使用する道具と操作の概要を生産者向けと土壌診断機関向けに分けて、それぞれ３頁と４頁に示しました。詳細は第３章と第４章をご覧下さい。

① 畑から土壌を採取

② 土壌(風乾土3g、あるいは生土 4g)を抽出用容器に量り取る

③ 80℃のお湯を加える

④ 80℃で16時間保温する

⑤ 塩を加えて、ろ過し、土壌粒子を除いた溶液を得る

生産者向け

土壌分析機関向け

2. 分析法の特徴

この方法には、次のような特徴がありますので、実験設備があまり整っていない場所や化学分析に不慣れな方でも実施できます。

① 難しい化学分析操作は必要ありません。

② 未風乾土（生土）でも風乾土と同じ結果が得られますので、急ぐときには土壌の風乾調製をせずに行えます。したがって、土壌を採取した翌日に判定することができます。土壌の採取方法や調製方法は第２章をご覧下さい。

③ 高額な理化学機器や試薬を使わずに身近な道具のみで行うこともできます。
使用する道具は第３章で詳しく解説しています。

④ 毒・劇物薬品を使用しないので、廃液処理の必要がありません。

⑤ 様々な種類の土壌や堆肥施用土壌にも使用できます。ただし、多量の堆肥を長年連用した土壌では、測定精度が悪くなることがあります。また、転換畑を含む水田土壌では測定精度が悪くなりますので、畑土壌限定で使用して下さい。

⑥ 分析機関の皆さんへ
80℃16 時間加熱処理しても硝酸態窒素量は変化しませんので、この方法で得られる抽出液を土壌の硝酸態窒素量の測定に使用することができます。ただし、アンモニア態窒素は 80℃の加熱処理によって増加しますので、土壌のアンモニア態窒素は別途、塩化カリウム抽出法によって測定する必要があります。

3. 分析法の注意点

実施する際には、第４章の分析操作解説の**注意書き（※）**を必ず守って下さい。また、80℃のお湯を使いますので、周囲にも気を配り、火傷をしないように注意して下さい。

畑の地力を 家で測ってみよう 生産者むけ

80℃保温機能付き電気ポット
①キッチンスケール(最小表示 0.1g)
②時計(ストップウォッチ)
③50mℓ容 ネジ蓋付き抽出容器
(80℃耐熱性、目盛り付きが良い、写真は遠沈管)
④カップ
⑤スプーン

} 初期投資 ¥18,000

⑥水(ミネラルウォーター)
⑦ろ紙 1枚
⑧チャック付ポリ袋 1枚
⑨COD簡易測定キット チューブ2本
⑩塩化カリウム(食卓塩) 0.3g
土壌

} 1点当たりの分析費用 ¥150

1日目(夕方5時頃保温開始)

80℃に設定した**通風恒温乾燥機**でもOK

① 電気ポットで、80℃のお湯を沸かす

②抽出容器に測定する試料の名前を書く

③土壌をはかり、抽出容器にいれる
風乾土は3.0g、生土なら4.0g

やけどに注意！ カップを使いましょう

④50mℓの目盛りまでお湯を注ぐ

⑤しっかり蓋をし、約30秒間激しく振り混ぜる
よく混ぜないと、**測定値が低くなります！**

⑥袋に入れ、空気を抜き、チャックをした後、紐でしばってお湯(80℃)の入ったポットにいれて一晩おく
チャック確認！ ポット内汚れ防止
満水目盛りを超えないように！

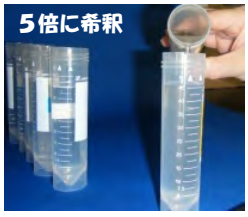
※注意 ポリ袋がポットの蒸気口をふさぐと，不意に湯が排出され，やけどや故障のおそれがあります。このため，容器を入れたポリ袋の空気を抜いた後に，ヒモで縛り，電気ポットに入れたときにポリ袋の上端が満水目盛を超えないように湯量を調整してください。

2日目(翌朝9時頃に保温終了:16時間)

①ポットからとりだしてよく振り混ぜ、蓋を開けて室温になるまで2時間程度冷ます

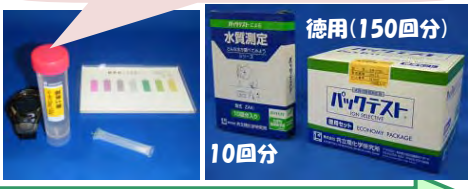
②**塩(約0.3g)**を入れて撹拌し、しばらくしてから上澄み液をろ過する

③希釈容器に、**ろ液(10mL)**と室温の**水(40mL)**を注ぎ**(計50mL)**、蓋をして混ぜる



COD簡易測定キット
パックテストWAK/KR-COD
㈱共立理化学研究所

④COD簡易測定キットとストップウォッチを準備
温度計で液温を確認しておいたほうが良い



手の汚れは、測定値に影響します！

チューブ内の粉を吸い込まないように！むせます…(>_<)

⑤チューブ先端のラインを引き抜き、穴を上にしてチューブの下半分を強くつまみ、中の空気を追い出す

⑥そのままの状態で希釈液の中に入れる。つまんだ指を緩め，**チューブの半分まで**液を吸い込んだら、すぐにストップウォッチを押す。5、6回軽く振り混ぜて待つ
吸液量が多いと数値が高く，少ないと低くなります！

チューブ内の液色の変化:桃→紫→緑→黄

⑦**液温が25℃**の場合，**4分30秒後**に標準色版に照合し数値を読み取る
液温によって反応時間が異なるので注意

⑧色が緑を帯びていたら(13以上)，10倍希釈液で測り直す
緑色になると，数値の判定が難しい…

可給態窒素含量(*mg/100g風乾土*)＝測定値[※1]×希釈倍率[※2]×(100/3)[※3]×(50/1000)[※4]×0.034[※5]

※1 標準色版で読み取った値
※2 抽出液を薄めた倍数 5倍，10倍…
※3 土3gを100g当たりに換算する係数
※4 検水50mℓを1ℓ当たりに換算する係数
※5 判定色の数値を可給態窒素量に換算

※換算値のめやす
5倍希釈液で，数値が13 → 可給態窒素=4mg(土壌100g当たり)
10倍 〃 → 〃 8 〃
20倍 〃 → 〃 16 〃

80℃16時間水抽出-COD簡易測定キットによる畑土壌可給態窒素の簡易判定

土壌診断機関むけ

1日目（夕方5時頃保温開始）

①事前に抽出用のお湯を沸かす

②風乾土壌を3.0ｇ秤取し，100mℓ容三角フラスコに入れる（別途，含水率を測定）

③土壌込み三角フラスコの重量（A）を測定する

④ポットでお湯約50mℓを注ぎ，撹拌した後，アルミホイルで蓋をする

⑤予め80℃に設定した通風恒温乾燥機で16時間静置加熱する

2日目（翌朝9時頃に保温終了：16時間）

①室温になるまで２時間程度放冷

②三角フラスコの重量（B）を測定する
抽出液量＝（B）-（A）

③10%硫酸カリウム溶液５mℓを注ぎ，撹拌する（液の懸濁除去とNH_4-Nの抽出）

④No. 5Cのろ紙でろ過し検水とする

土壌によってろ液の色が異なる。また，抽出液は腐敗しやすいため，なるべく早めに測定する。

測定（抽出N，抽出C，COD）

写真はTOC-VCPH TNユニット付属（島津製作所）

80℃16時間水抽出法では，**①抽出窒素量**，**②抽出有機態炭素量** および **③抽出液のCOD値** から可給態窒素含量の推定が可能

①抽出窒素量で推定する場合，抽出液の全窒素量を測定し，別途測定した原土の無機態窒素量を差し引いて「抽出有機態窒素量＋アンモニア態窒素増加量」を算出する

②抽出有機態炭素量で推定する場合，抽出液の溶存有機態炭素をTOC計で測定する

③抽出液のCOD値で推定する場合の測定法は，生産者向けの頁を参照

②抽出有機態炭素量で推定する方法が最も高精度で，操作も楽！

算出法

可給態窒素含量（*mg/100g乾土*）＝測定値[※1]×希釈倍率×（100/3）[※2]×((B-A+5)/1000)[※3]×（100/(100-含水率)）[※4]×換算係数[※5]

※1
- Nの場合，抽出**有機態N＋NH_4-N増加量**
- Cの場合，抽出**有機態炭素量**
- **COD簡易測定キット**では標準色版による**読み取り値**

※2
土3gを乾土100g当たりに換算する係数

※3
抽出液量を1ℓ当たりに換算する係数
「＋5」は添加した10%硫酸カリウム溶液の量

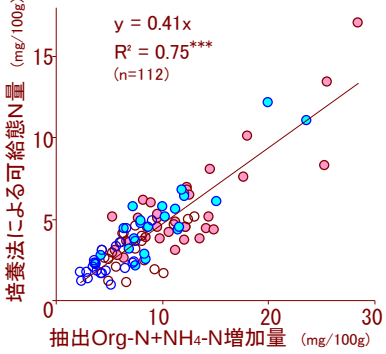
※4
別途，土壌の含水率を測定しておく

※5
換算係数は測定の種類によって異なる
- **抽出Nの場合，0.41**
- **抽出Cの場合，0.046**
- **COD簡易測定キットの場合，0.034**

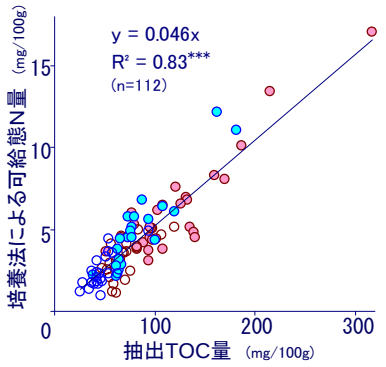
各測定値の推定精度

○黒ボク土 堆肥なし ○非黒ボク土 堆肥なし ●黒ボク土 堆肥連用 ●非黒ボク土 堆肥連用

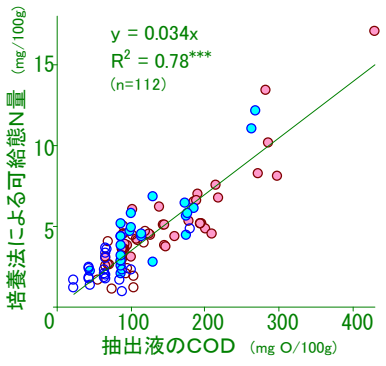
①抽出窒素量からの推定



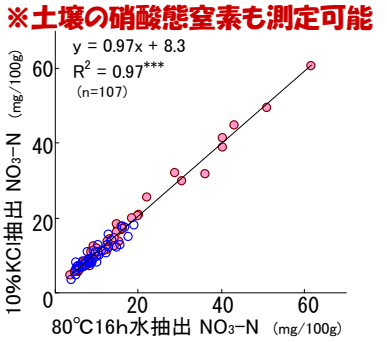
②抽出有機態炭素量からの推定



③抽出液のCOD値からの推定



※土壌の硝酸態窒素も測定可能



※注意　NH_4-N量は加熱によって増加するため異なります。

第2章　土壌の採取･調製方法

この章では、土壌採取と分析の前に行う調製方法を生産者向けに簡単に説明しています。技術指導や分析機関の関係者は、定法に従って下さい。

1. 分析する土壌を採取する

作物収穫後から次の作付けの施肥耕起前の間のできるだけ圃場が乾いている時に土壌を採取して下さい。

１０アール当たり３～５箇所を目安として、作土を採取し、ビニール袋内でよく混ぜます。作土とは、耕うんされている土壌のことで、スコップが入りやすい表層の土です。採取する場所は、圃場が四角形の場合、対角線上の離れた地点を選んで下さい。５箇所から採取する場合は、サイコロの５の目のようになります(写真１)。

採取にあたっては、まず、土壌表面の作物残渣やゴミを取り除きます。次にごく表面の土を薄く剥いでから、下層土の上端まで(スコップが入りにくくなるまで)、できるだけ同じ厚さで作土を取ります(写真２)。石が少ない圃場では、平スコップや肉薄の鉄管を使うと上手に採取できます。

地力ムラが大きな圃場や、明らかに土の色や砂・粘土の割合が違う区画がある場合は、それぞれの区画毎に分けて採取、分析することをお勧めします。

畝立てしている畑では、畝と畝間の作土を同じ長さ(30～40㎝程度)ずつ採取し、スコップなどでよく混ぜてから、その一部を採取して下さい。ただし、毎作、畝の位置をほぼ固定している圃場では、畝内の作土のみを採取して下さい。

果樹では、樹体外縁の枝の先端から 30㎝程度内側の場所から採取して下さい。

2. 採取した土壌の調製方法

生土を使用して分析しても乾土(水分を含まない土)当たりに換算した可給態窒素の分析値は、風乾土を用いた場合と同じになりますが、土壌に含まれる水分が多いと、分析試料当たりの分析値は低くなります。特に急がない場合は、②の風乾土をお勧めします。

① 生土のまま分析する場合

採取した土壌をよく混ぜてから、バットやビニールシートに広げて、石、植物根、ゴミをできるだけ取り除きます(写真３左)。次に、可能であれば２㎜のフルイに通します。この際、ゴム手袋をして、フルイの目を擦るようにすれば速くできます。すぐに分析しない場合は、調製した土壌をビニール袋に入れて、冷蔵庫に保管します。

② 乾かしてから分析する場合(風乾土)

採取した土壌をよく混ぜてから、バットやビニールシートに薄く広げます。この際、

大きな土塊を手で割り砕き、石や根などをできるだけ取り除きます。風通しが良く直射日光の当たらない室内で乾燥させます。乾燥後、２㎜ のフルイに通します(写真３右)。この際、土の塊があれば、木槌などで軽く叩いて砕き、フルイに通します(※強く叩くと風化した小石が割れることがあります)。フルイの目を通らない小石やゴミは取り除いて捨てます。このようにして調製した土壌は、蓋付きのビンやビニール袋に入れて室温で保管します。

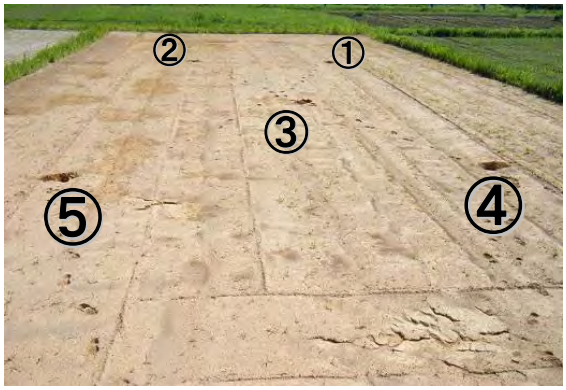


写真１　対角線採土法（サイコロの５の目のように採取する）

写真２　土壌表面の作物残渣やゴミを取り除き，ごく表面の土を薄く剥いで(左)，下層土の上端までできるだけ同じ厚さで作土をとり(右)，３～５箇所の土壌を混ぜ合わせる

写真３　生土はバット等にひろげてゴミ類を取り除き，可能なら2㎜程度のフルイに通す(左)。風乾する場合は，風通しが良く直射日光が当たらない室内で乾燥後、2㎜ のフルイに通す(右)。

第3章　分析に用いる道具

この章では、土壌可給態窒素の簡易・迅速評価に必要な道具を解説しています。生産者や実験設備があまり整っていない機関では、「１．生産者向け」を、分析機器が整備されている機関では、「２．土壌分析機関向け」をご覧下さい。

１．生産者向け

80℃保温機能付き電気ポットと、下の写真に示した道具が必要です。電気ポットは、土壌に加える 80℃のお湯を準備するのに使いますので、80℃で保温できるタイプを準備して下さい。10,000 円程度で購入できます。これに下記①～⑤の購入費を加えた初期投資額は、18,000 円前後、ランニングコストは、土壌１点当たり 150 円程度になります。

① キッチンスケール（電子天秤）
土壌や塩をはかり取るのに使用します。最小表示 0.1g のものが必要です。5,000 円程度で購入できます。

② キッチンタイマー
COD 簡易測定に使用します。
2,000 円程度で購入できます。
ストップウォッチ機能が付いているデジタル時計でも代用可能です。

③ 容器
土壌に 80℃のお湯を入れて有機物を抽出する操作や抽出液を希釈するときに使用します。ネジ蓋付きの液漏れしない 50mL 容量のポリ容器。80℃耐熱性。液量目盛りが付いているものが使いやすい。容量が大きすぎるものやガラス製容器は使用しない。写真は、実験に使われている自立型の遠沈管で、インターネット販売などで入手可能。1 本当たり 150 円程度。土壌１点当たり少なくとも２本必要ですが、洗浄すれば繰り返して使用できます。

④ カップ
お湯を注ぐ時やろ液を受けるのに使用します。紙コップでも使えます。ただし、③の容器に液量目盛りが付いていない場合は、50mL のお湯を量れる料理用の計量カップなどを準備します。

⑤ スプーン

土壌や塩をはかり取るのに使用します。写真に示した極小の白いスプーンは、マドラースプーンで、塩を加えるのに使うと便利な場合がありますが、必ず必要なものではありません。

⑥ 水

抽出や希釈に使用します。COD がゼロであれば使えます。COD がゼロの水としては、蒸留水や市販のミネラルウォーターなど(※)があります。ただし、使用する前に必ず COD がゼロであることを確認して下さい。井戸水や水道水は使えません。土壌１点当たり、抽出に 50mL、希釈操作に 90mL、合計 140mL 使用します。ただし、80℃保温に電気ポットを利用する場合は、さらに３L 程度の水(４L 容量の電気ポットの場合)が必要になりますので、余裕をもって準備して下さい。

※ 国内産のミネラルウォーター数銘柄については、COD がゼロであることを確認していますが、未確認の銘柄もあります。スーパーマーケットなどで入手可能な限外ろ過水のなかにも使用できるものがあります。何れの場合も、COD 簡易測定キットで COD がゼロ(標準色板のピンク色)になることを確認してから使用して下さい。

⑦ ろ紙

抽出液のろ過に使用します。アドバンテック No.5C やワットマンろ紙 42 で直径 15cm のものがお勧めです。１箱 100 枚入りで 3,000 円程度。なお、コーヒーフィルターは、ろ液に土壌粒子が混ざることがあるのでお勧めしません。

⑧ チャック付きポリ袋

電気ポットを利用して保温抽出する際に液漏れ防止用に使用します。通風恒温乾燥機で保温抽出する場合には不要です。③の容器が入る大きさのジッパー付きフリーザーバッグがお勧め。ただし、大きすぎると扱いにくい。

⑨ COD 簡易測定キット

抽出液の COD 測定に使用します。(株)共立理化学研究所の COD パックテスト WAK/KR-COD、測定範囲 0～100mg O L^{-1} のものを使用。インターネットなどで購入可能。価格は 150 本入り徳用セット 9,600 円、50 本入り 4,000 円、10 本入り 1,500 円程度で、徳用セットのほうが単価は安くなりますが、使用期限が約１年間であることに注意して下さい。

⑩ 食卓塩

抽出液の濁りを除くために使用します。ろ過する直前の抽出液に土壌１点あたり 0.3g 加えます。稀に塩に有機物が混入していることがありますので、約 0.3g の塩を⑥の水 50mL に溶かしてから、⑥の注意書き(※)に従って、COD がゼロになることを確認してから使用して下さい。

２．土壌分析機関向け

可給態窒素を推定するための指標として、①抽出有機態炭素量、②抽出窒素量、③抽出液のCODのいずれかを測定します。このため、①ではTOC/TN分析装置など、②では溶液中の全窒素、ならびにアンモニア態、硝酸態窒素を測定するための機器類が必要です。③については、前記の「１．生産者向け」を参照して下さい。

抽出液を準備するために、80℃保温機能付き電気ポットがあれば便利です。また、抽出には80℃温度調節が可能な通風恒温乾燥機やウォーターバスが必要です。

その他、一般的な実験器具として、100mL容の三角フラスコとビーカー、5mL容ピペット、電子天秤、タイマー、液温測定用の温度計、ロート、ろ紙（アドバンテックNo.5C－φ150mmやワットマンろ紙42－15.0cmを推奨）、アルミホイルを使用します。また、土壌水分測定用の乾燥機(105℃)も必要です。

抽出操作に必要な試薬は、硫酸カリウム(特級)のみですが、抽出液の分析に必要な試薬類は、上記①～③の測定項目に応じて準備して下さい。

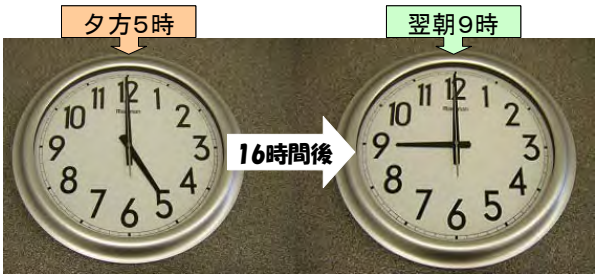
第4章　分析操作の詳細

この章では、土壌からの抽出操作と抽出液の分析操作を解説しています。生産者や実験設備があまり整っていない機関では、「１．生産者向け」を、分析機器が整備されている機関では、「２．土壌分析機関向け」をご覧下さい。

１．生産者向け

抽出には 16 時間かかりますので、次頁の３）抽出を夕方に開始し、翌日の朝に抽出が終了するようにすれば楽に実施できます。例えば、夕方５時に抽出を開始した場合、翌朝の９時から４）のろ過を行います。

なお、抽出時間や温度を変えると測定結果も変わりますので、80℃・16 時間は、できるだけ正確に守って下さい。



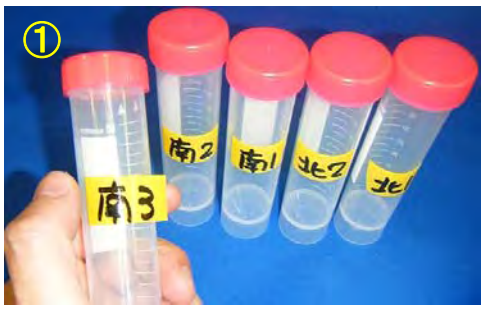
１）あらかじめ、電気ポットで 80℃のお湯を沸かします（機種によっては、湯沸かし後、湯温が 80℃になるまでに４時間程度かかりますので、朝から準備します）。ポットに入れる水は、第３章で解説した COD がゼロであることを確認したものを使用して下さい。なお、この水は５）の希釈操作でも使用しますので、土壌１点当たり 90mL 程度の水は、ポットに入れずに室温で保管しておくと便利です。

２）土壌をはかり取る

① 分析する土壌が複数ある場合は、区別できるように油性マジックなどで採取圃場の名前や番号などを容器に記入して下さい。

② キッチンスケールに小さな紙を置いて、表示をゼロにした後、生土の場合は 4.0g、風乾土の場合は 3.0g をはかり取ります。

③ 容器に土壌を入れます。紙に土が残る場合は、絵筆などを使って容器に入れて下さい。



３）抽出

① 50mL の目盛りまで、容器にお湯を注ぎます。

※ 火傷をしないようにゴム手袋をして下さい。
また、電気ポットから直接入れるのは難しいので、
一度、カップにお湯を入れてから容器に注いで下さい。
液量目盛りが無い容器を使用する場合は、50mL を
はかり取れる計量カップなどを利用してお湯を入れて下さい。

② しっかりと蓋をして、約 30 秒間、手で激しく振り混ぜて下さい。

※ よく混ぜないと測定結果が低くなります。
また、液漏れしないかを確認します。

③ 容器を 80℃で保温できる機械に入れ、時刻をメモして下さい。

※ 80℃の温度調節が可能な乾燥機やウォーターバスがあれば、それを使用して下さい。やむをえず電気ポットを使用する場合は、必ず次の手順で行って下さい。なお、電気ポット製造メーカーでは、水以外のものを入れた場合に、火傷や故障の危険があると注意していますので、ご留意下さい。

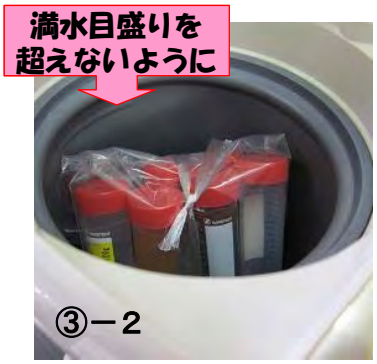
【電気ポット内で保温する場合】

③－１　容器をチャック付きポリ袋に入れ、空気をできるだけ抜きながらチャックを閉めて下さい。袋を折りたたんで紐で縛ります。

※ ポリ袋がポットの蒸気口をふさぐと、不意に湯が排出され、火傷やポット周辺のものが濡れる危険があります。このため、蒸気口をふさがないように紐でしばります。

③－２　80℃のお湯が入った電気ポットに入れます。

※ 空だきしないように気を付けて下さい。また、操作時に多少湯温が下がっても再沸騰ボタンを押さないで下さい。なお、容器を入れた際に、容器の上端が電気ポットの満水目盛りを越えないように湯量を調節して下さい。16 時間経過するまでは、電気ポットの電源を OFF にしないで下さい。



４）ろ過

① ３）の③を行ってから 16 時間経過後に、容器を取り出します。保温に使用した機械（電気ポット）の電源を OFF にして下さい。

※ 容器を取り出すときは、熱いのでゴム手袋をして下さい。取り出したときに、軽く振り混ぜます。

② 容器の蓋を開けて室温になるまで２時間程度冷まします。

③ 約 0.3g の塩を容器に入れ、蓋を閉めて振り混ぜ、塩を溶かします。

④ 再び、蓋を開けてしばらく放置します。

⑤ 土壌粒子が少し沈んでから、上澄み液（土壌粒子が少なくなった上部の液）をろ紙を使って、ろ過します。

※ ろ紙（円形）は、半分に折って半円形にした後、さらに二ッ折りにし、重なり合った部分を押し広げてロート状にして使用します（写真参照）。左下の写真では、ろ紙を通過した液（ろ液）を受ける容器に遠沈管を使用していますが、ロート状のろ紙をセットできる容器であれば使えます（ガラスのコップや紙コップなど、下中央の写真）。なお、土壌が複数ある場合には、この容器にも採取圃場の名前や番号を記入して下さい。

ろ液（土壌によって色が違います）

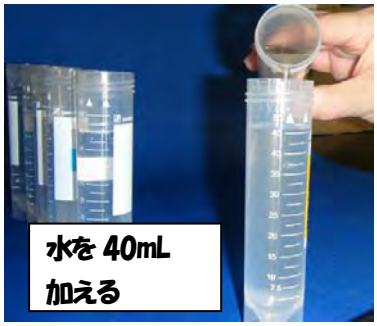
５）希釈

ろ過して土壌粒子を除いた液（ろ液）を水で５倍に薄める操作です。

① 液量目盛り付き容器に、10mL の目盛りまでろ液を入れます。

② 次に 40mL の水を注ぎ（50mL の目盛りまで）、蓋をして、よく振り混ぜます。

※ 容器に目盛りが付いていない場合は、計量カップでろ液と水をはかり入れます。水は、抽出に使用したものと同じく COD がゼロのものを使用します。ただし、室温の水を使用して下さい。



5倍に希釈(ろ液10mL＋室温の水40mL)して、よく振り混ぜる

６）抽出液の分析

直射日光の当たらない 15～25℃程度の部屋で行って下さい。COD 簡易測定キット(チューブと標準色板)とキッチンタイマーを用意します。作業をしている部屋の温度を調べて、COD 簡易測定キットの取扱説明書で、反応時間(希釈した液をチューブに吸い込んでから色を判定するまでの時間)を確認して下さい。可能であれば、希釈した液の温度を温度計で確認したほうが、より正確な測定ができます。

※　反応時間は液の温度で異なります。20℃では５分、25℃では４分 30 秒です。指定の時間を過ぎると測定値が高めになります。

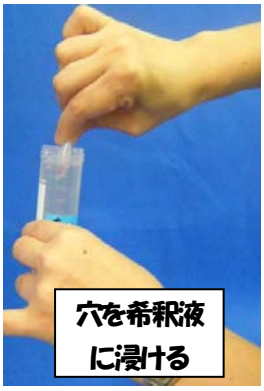
COD簡易測定キット(㈱共立理化学研究所：パックテスト)
パックテストCODは、測定範囲の異なる３つの製品があります。
測定範囲0～100mg/Lの製品を購入してください。
また、写真のように標準品（左：50本入り）のほかに、10本入り、150本入り（徳用セット）がありますので、分析点数に応じて購入してください。使用期限はおよそ１年間です。

② チューブ先端のプラスチックのライン紐を引き抜き、引き抜いた穴を上にしてチューブの下半分を強くつまみ、中の空気を追い出します。

※　ライン紐を引き抜いたあとの穴が、吸液口になります。手の汚れは測定値に大きく影響しますので、手をきれいにしてから測定してください。また、この際、チューブに顔を近づけると、チューブ内の粉を吸い込んでむせますので、気をつけて下さい。

③ つまんだ状態でチューブの穴の部分を希釈した液に浸けます。次に、つまんだ指の力を緩めて、チューブの半分くらいまで液を吸い込ませ、すぐにキッチンタイマーのスイッチを押します。

※ 少々慣れが必要ですが、スポイトと同じ要領で行えばできます。吸液量が極端に多いと測定結果が高くなり、少ないと低くなります。液を吸い込んだ後、穴の部分を下に向けてチューブを押しつぶすと、チューブ内の液や試薬が外部に漏れて正確な結果が得られません。



④ チューブを５、６回軽く振り混ぜて中の粉を溶かし、反応時間まで待ちます。

※ 激しく振ると内部の液が飛び散りますので、静かに振り混ぜて下さい。

⑤ 反応時間になったら、すぐにチューブ内の液の色を標準色板の色と見比べます。チューブ内の液色に一番近い標準色を選び、その上部に書かれている数値を記録します。標準色の色と色の間となった場合は、その中間の値を測定値とします。

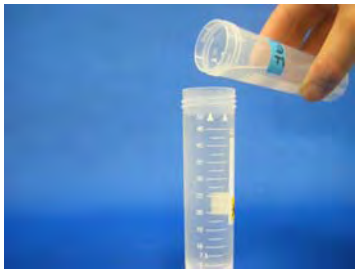
※ チューブ内の液色は、時間の経過とともに、ピンク→紫→水色→緑→黄に変わりますので、反応時間は必ず守って下さい。チューブを標準色板から少し浮かして持つと、色の判定がしやすくなります。慣れが必要ですが、色の変化する様子を２～３回観察すれば、判定できるようになります。

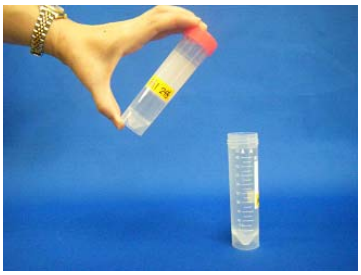
⑥ 液色が緑を帯びていたら（標準色板の数値が 13 以上の場合）、ろ液を 10 倍に薄

めて COD を測り直します。10 倍に薄めるには、次のようにします。

⑥－１　液量目盛り付き容器に、５mL の目盛りまでろ液を入れます。

⑥－２　次に 45mL の水を注ぎ(50mL の目盛りまで)、蓋をして振り混ぜます。





【慣れてきたら連続測定】

液温が 25℃の場合、吸液から測定まで４分 30 秒の待ち時間があります。

測定する土壌試料が多い場合は、ストップウォッチを利用して連続測定すると効率的です。連続測定することで、色の判別も容易になります。

１人で判定する場合は、30 秒ごとに吸液します。２人で行うときは、さらに短縮（20 秒ごと）できます。

⑥’－１　タイムスケジュール表を準備します（下図参照）。

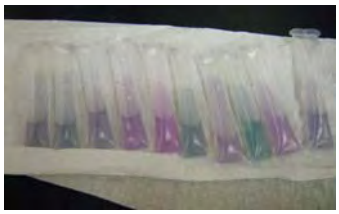
⑥’－２　測定するろ液を並べておきます。

⑥’－３　測定に使うチューブのラインを予め抜いておきます。

⑥’－４　タイムスケジュール表の時間にあわせて、吸液、色判定します。

連続測定

30秒ごとに測定する場合
※液温25℃（反応時間4分30秒）
の場合
※色と色の間も読む



試料番号	吸液時間（分:秒）		判定時間（分:秒）	判定（〇をつける）
1	0:00	→	4:30	0・5・10・13・20・50・100
2	0:30	→	5:00	0・5・10・13・20・50・100
3	1:00	→	5:30	0・5・10・13・20・50・100
4	1:30	→	6:00	0・5・10・13・20・50・100
5	2:00	→	6:30	0・5・10・13・20・50・100
6	2:30	→	7:00	0・5・10・13・20・50・100
7	3:00	→	7:30	0・5・10・13・20・50・100
8	3:30	→	8:00	0・5・10・13・20・50・100
9	4:00	→	8:30	0・5・10・13・20・50・100

⑦ 結果の整理

電卓を準備します。可給態窒素は次の式で計算します。

⑦－１　風乾土試料で測定した場合

可給態窒素含量（***mg/100g* 風乾土**）＝測定値×希釈倍率×（100/3）×（50/1000）×0.034

※１　※２　※３　※４　※５

×0.0567

※１　測定値：標準色板で読み取った数値

※２　希釈倍率：抽出液を薄めた倍率　５倍、10 倍

※３　風乾土３g を 100g 当たりに換算するための係数

※４　抽出液 50mL を 1L 当たりに換算する係数

※５　判定した色の数値を可給態窒素に換算するための係数

【 計算例（風乾土で測定） 】

風乾土 3.0ｇ、抽出液を 5 倍希釈したときの色判定値が 13 の場合。

可給態窒素量（mg/100g 風乾土）

＝13×5×(100/3)×(50/1000)×0.034 ≒3.7

⑦－２　生土で測定した場合

可給態窒素含量（***mg/100g* 生土**）＝測定値×希釈倍率×（100/4）×（50/1000）×0.034

※１　※２　※３　※４　※５

×0.0425

※１　測定値：標準色板で読み取った数値

※２　希釈倍率：抽出液を薄めた倍率　５倍、10 倍

※３　生土４g を 100g 当たりに換算するための係数

※４　抽出液 50mL を 1L 当たりに換算する係数

※５　判定した色の数値を可給態窒素に換算するための係数

なお、生土で測定し、風乾土当たりの可給態窒素量に換算するためには、別途、土壌の水分を測定し、結果に係数をかけます。

生土 100ｇ程度をはかり取り、「第２章－２」にしたがって、風通しのよい室内にひろげて乾燥させます。充分乾燥したら重さを測定します。

係数は、「生土の重さ／乾燥した土の重さ」　で求めます。

【 計算例（生土で測定し、風乾土当たりに換算する場合） 】
生土 4.0ｇ、抽出液を 10 倍希釈したときの色判定値が 13、生土 80ｇを風乾させたあとの重さが 55ｇの場合。

可給態窒素量（mg/100g 風乾土）
＝13×10×(100/4)×(50/1000)×0.034 ×(80/55)≒8.0

【解説】
「はじめに」の項で述べたように、 可給態窒素の目標値は乾土 100g 当たり 5mg 以上となっています。

土を風乾させた場合、土壌の種類や風乾の程度にもよりますが、およそ 10%程度の水分が含まれています。

したがって、色判定値と可給態窒素の関係は、およそ右の表のようになります。

５倍希釈液で判定色の数値が 13 以下、つまり、緑色にならない場合可給態窒素は土壌 100g 当たり４mg 以下となり、地力窒素はあまり高くないので有機物施用による土づくりを考えましょう。

色判定値とおよその可給態窒素量(mg/100g乾土)

判定値	抽出液の希釈倍数 5倍	10倍	20倍
0	0	0	0
2.5	1	2	3
5	2	3	6
7.5	2	5	9
10	3	6	13
11.5	4	7	14
13	4	8	16
16.5	5	10	21
20	6	13	25
35			
50			
75			
100			

※ 風乾土の水分含量を10%と仮定した。

また、10 倍希釈液で 13 以上、つまり緑色になったら、可給態窒素は 8mg 以上になりますので、追肥窒素の減肥を考えてもよさそうです。

可給態窒素量を窒素施肥量の加減に反映させるためには、栽培する地域、作物の種類や作型等との関連性について詳しく調査する必要がありますが、畑の地力窒素を測ることによって、土づくりの計画や施肥窒素量の加減の目安に使ってみましょう。

2. 土壌分析機関向け

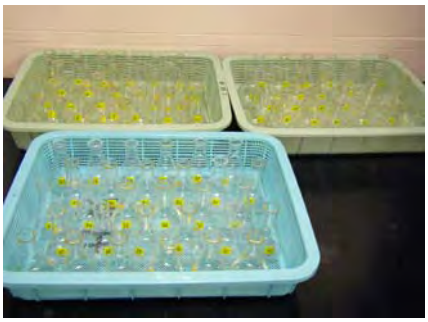
この項では、分析機器が整備されている機関を対象として、抽出容器に 100mL 容三角フラスコ、保温機器として通風恒温乾燥機を使う場合を想定しています。

1)抽出開始前の準備

（１）予め、電気ポットで 80℃のお湯を沸かします（湯沸かし後、湯温が 80℃になるまでに４時間程度かかりますので、午前中から準備しておきます)。ポットに入れる水は、蒸留水を使います。抽出には、土壌１点当たり 50mL 程度必要ですので、分析点数にあわせて、若干多めに沸かしておきます。

（２）土壌の秤取（100mL 容三角フラスコを使う場合）

① 分析点数にあわせて 100mL 容三角フラスコを準備し、ビニルテープやシール等に土壌試料の名前や番号などを記入して貼ります。



② 電子天秤に薬包紙をおき、ゼロセットにした後、生土の場合は 4.0g、風乾土の場合は 3.0g をはかり取り、三角フラスコ内に土壌を入れます。

③ 土壌が入った三角フラスコの重量を記録します。・・・A

※ 注湯量を算出するために必要です。詳しくは 20 頁「３）－（２)」を参照。

（３） その他

① アルミ箔を５cm 角程度に切っておきます。

※ 蒸発防止として、三角フラスコに蓋をするために使います。

② 通風恒温乾燥機を 80℃にセットします。
③ 10%硫酸カリウム溶液を作製します。（10%塩化カリウム溶液でも代用可）

２）加熱抽出開始

（１）80℃のお湯を約 50mL 加えます。

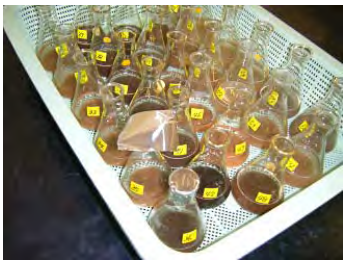
※ メスシリンダーや計量容器などを使用します。火傷をしないようにゴム手袋をして下さい。注湯量は別途計量するため、50mL を正確に注ぐ必要はありません。±10mL 程度の変動は測定値に影響しません。三角フラスコについている目盛りを目安として、電気ポットから注意して直接入れることも可能です。

ポットから直接給湯する場合は、やけどに十分注意する。
写真のような分注器があると便利である。

（２）アルミホイルで蓋をして、10 秒間程度、手で軽く振り混ぜます。

※ 多くの試料を同時処理する場合、湯温が低下しますので、20 点程度ずつ処理して下さい。

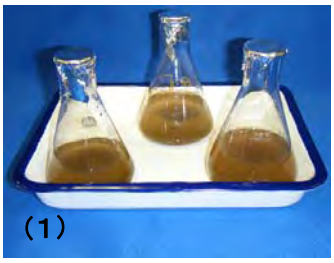
（３） 容器を 80℃に設定した通風恒温乾燥機に入れ、時刻を記録します。



３）加熱抽出終了から測定開始まで

（１）16 時間後に、通風恒温乾燥機内から取り出します。熱いので軍手などを着用して下さい。10 秒間程度、軽く振り混ぜて、室温になるまで放置します（まだ、アルミホイルは外しません）。

（２）液温が室温まで下がったら、アルミホイルを外して計量します。･･･Ｂ
※ Ｂ－Ａが抽出液量（注湯量）となります。
（３）予め作製しておいた 10%硫酸カリウム溶液５mL を添加して、10 秒間程度、軽く振り混ぜます。
（４）土壌粒子が少し沈んでから、上澄み液をろ過し、検水とします。
※ 推奨するろ紙のグレードは「５種Ｃ」。アドバンテック No.5C－φ150mm やワットマンろ紙 42－15.0cm。



４）測定
可給態窒素を推定するために、抽出液の（１）溶存有機態炭素、（２）全窒素、（３）COD のいずれかを測定します。下の表に示したように、抽出有機態炭素量からの推定で最も高い精度が得られています。抽出全窒素量から推定する場合には、原土の無機態窒素量を差し引いて、抽出有機態窒素とアンモニア態窒素増加量の合計値を求め、これを指標として推定します。詳細は、23 頁と 28 頁を参照して下さい。

(1) 抽出有機態炭素量で推定する場合
推定式 y＝0.046 x，相関係数 r＝0.91， 推定標準誤差 1.07mg/100g
測定には，抽出液の有機態炭素が測定できる機器が必要。オートサンプラ付きＴＯＣ計があれば測定が簡単で，推定精度は最も高い。

(2) 抽出全窒素量から推定する場合
推定式 y＝0.41 x，相関係数 r＝0.87， 推定標準誤差 1.30mg/100g
別途，塩化カリ抽出によって土壌の無機態窒素(アンモニア態窒素＋硝酸態窒素)を測定し，80℃16時間抽出液の全窒素量から差し引く必要があるので，測定にやや手間がかかる。

(3) 抽出液のCOD値(パックテストCODによる)で推定する場合
推定式 y＝0.034 x，相関係数 r＝0.88， 推定標準誤差 1.23mg/100g
パックテストの色判定には慣れが必要だが，測定機器が必要ないので手軽に測れる。

（１）抽出有機態炭素量を測定する場合

① 有機態炭素（TOC）測定機器の操作手順にしたがって測定して下さい。

※ 機器によって測定レンジが異なるため、適宜希釈して測定して下さい。

希釈倍率は、右下のグラフを参考にして決めて下さい。

右のグラフは土壌重量が風乾土 3.0ｇ、注湯量 50mL、10%硫酸カリウム溶液の添加量 5mL とした場合の、可給態窒素と抽出液の有機態炭素濃度の関係を示したもので、可給態窒素量 10.0mg/100g 乾土のときに、抽出液の有機態炭素濃度は 89mg L^{-1}(ppm)となります。

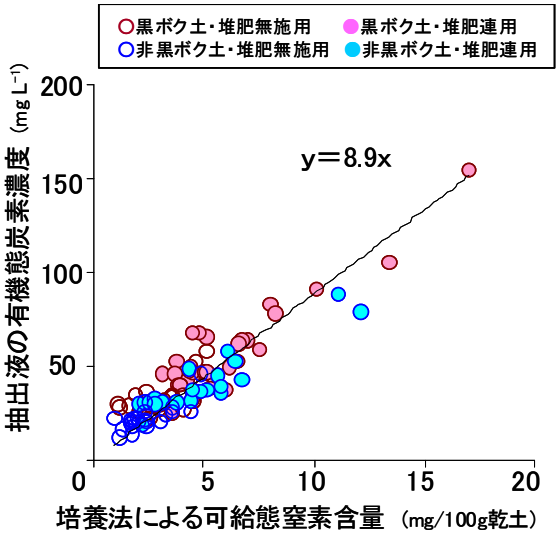


図　可給態窒素量と抽出液の有機態炭素濃度の関係

② 算出方法

可給態窒素含量（mg/100g 風乾土）

＝TOC 測定値×希釈倍率×(100/3)×((抽出液量＋5)/1000)×0.046

※１　※２　※３　※４　※５

※１ TOC 計による測定値（mg/L）。

※２ 希釈しない場合は１になります。

※３ 風乾土壌３ｇを 100ｇ当たりに換算する係数。生土の場合は３→４となります。なお、生土で分析する場合、土壌を別途、風乾して（生土重量／風乾土重量）を乗ずる必要があります。

※４　抽出液量は 20 頁「３）－（２）」を参照。「＋5」は添加した 10%硫酸カリウム溶液の量である。
※５　TOC 測定値を可給態窒素含量に換算するための係数。

なお、乾土当たりの可給態窒素量を求めるためには、別途、土壌の含水率を求め、乾土係数（100／(100−含水率(%)））を乗じます。

【 計算例ａ 】
風乾土 3.0ｇ(含水率 7%)、注湯量 50mL、10%硫酸カリウム溶液の添加量 5mL、抽出液を２倍希釈したときの有機態炭素濃度 40 mg L^{-1}(ppm)の場合。

可給態窒素量（mg/100g 乾土）
＝40×2×(100/3)×((50+5)/1000)×0.046×(100/(100−7))＝7.25

H11

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1		測定日	（　　年　　月　　日）														
2		試料番号	試料名	含水率の測定					80℃16時間水抽出（　時　分→　時　分）								
3				風袋重(g)	乾燥前重(g)	乾燥後重(g)	含水率(%)	乾土係数	試料重(g)	風袋＋土壌重(g)	冷却後重量(g)	注湯量(mL)	10%K_2SO_4添加量(mL)	希釈倍率	TOC測定値(mgL^{-1})	可給態窒素量(mg/100g)	
4				①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	
5		1	例	10.0	20.0	19.3	7.0	1.075	3.0	53.0	103.0	50.0	5.0	2	40.0	7.25	
6		2															
7		3															
8		4															
9																	
10																	

=(E5−F5)/(E5−D5)＊100　=100/(100−G5)　=K5−J5　=O5＊N5＊(100/I5)＊((L5+M5)/1000)＊0.046＊H5

図　計算シートの例

（２）抽出全窒素量を測定する場合

下図は抽出窒素のイメージ図です。可給態窒素を推定するための指標として、「抽出有機態窒素量＋アンモニア態窒素増加量」(28 頁参照) を用いますが、これは「80℃16 時間抽出全窒素量－塩化カリウム抽出で求める原土の無機態窒素量」で算出します。

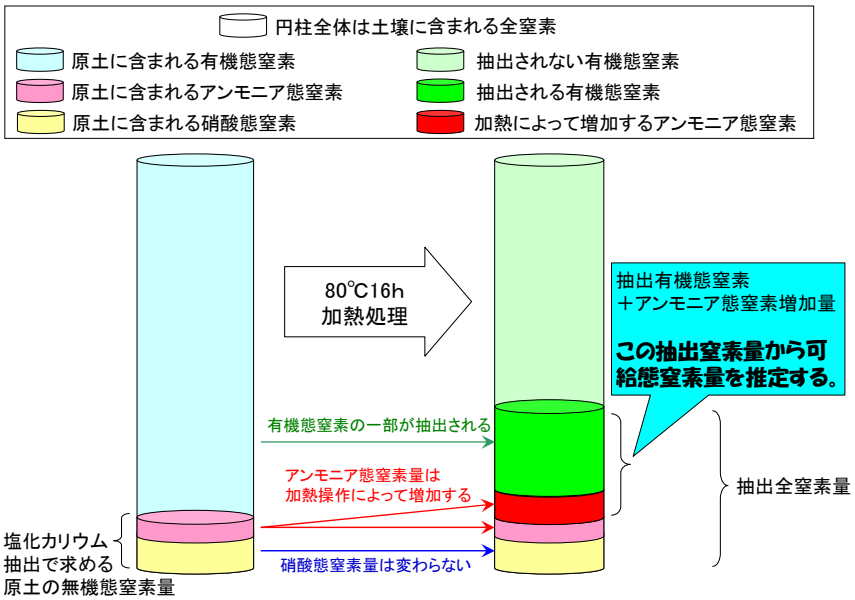


図　抽出窒素量のイメージ図

① 抽出全窒素量の測定

80℃16 時間抽出液に含まれる全窒素量は、ペルオキソ二硫酸カリウム分解法やケルダール分解法、TOC/TN 計等で測定して下さい。

※　分析する方法や機器によって測定レンジが異なるため、適宜希釈して下さい。

右のグラフは土壌重量が風乾土 3.0ｇ、注湯量 50mL、10%硫酸カリウム溶液の添加量 5mL とした場合の、可給態窒素と抽出液の有機態窒素＋アンモニア態窒素増加量の濃度との関係を示したもので、可給態窒素量 10.0mg/100g 乾土のときに抽出液の有機態窒素＋アンモニア態窒素増加量の濃度は 9.7mg L^{-1} (ppm) となります。

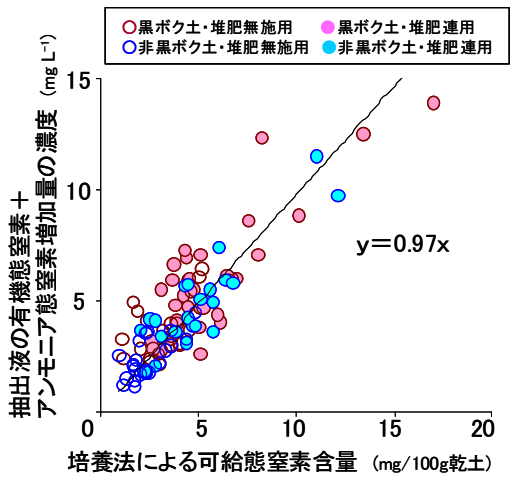


図　可給態窒素量と抽出液の有機態窒素＋アンモニア態窒素増加量の濃度の関係

前頁で示したように、抽出液には抽出された有機態窒素とアンモニア態窒素の他、原土の無機態窒素が含まれています。原土の無機態窒素が多い場合は、希釈率を決める際にこれを考慮する必要があります。例えば、原土の無機態窒素量が5.0mg/100g のとき、抽出液中の濃度増加は 2.5 mg L^{-1}(ppm)程度と見込まれます。

② 原土の無機態窒素量の測定

原土の無機態窒素（硝酸態窒素＋アンモニア態窒素）量は、別途、塩化カリウム溶液抽出法によって測定して下さい。「80℃16 時間水抽出法」の測定に生土を用いる場合は、原土の無機態窒素量も生土で、風乾土を用いる場合は風乾土で測定して下さい。

③ 供試土壌の含水率の測定

抽出窒素量から可給態窒素量を推定するためには、乾土当たりに換算した「80℃16 時間水抽出全窒素量」と、同じく乾土当たりに換算した「原土の無機態窒素量」が必要となります。このため、別途、供試土壌の含水率を測定して下さい。

④ 算出方法

可給態窒素含量（mg/100g 乾土）を推定するためには、抽出全窒素量および原土の無機態窒素量が必要です。 ※A ※B

※ A 抽出液の全窒素量の求め方

抽出全窒素量（mg/100g 乾土）＝抽出液の全窒素濃度×希釈倍率×(100/3)×((抽出液量＋5)/1000)×(100／(100−含水率(%)))

※1 ※2 ※3 ※4 ※5

※１ 測定値（mg/L）。

※２ 希釈しない場合は１になります。

※３ 風乾土壌３ｇを 100ｇ当たりに換算する係数。生土で測定した場合は３→４となります。

※４ 抽出液量は 20 頁「３）−（２）」を参照。「＋5」は添加した 10%硫酸カリウム溶液の量。

※５ 供試土壌の含水率を別途、定法により測定します。

【 計算例ｂ-1 】

生土 4.0ｇ(含水率 25%)、注湯量 50mL、10%硫酸カリウム溶液の添加量 5mL、抽出液を２倍希釈したときの全窒素濃度 6 mg L^{-1}(ppm)の場合。

抽出全窒素量（mg/100g 乾土）

＝6×2×(100/4)×((50+5)/1000)×(100/(100−25))＝22.0

※ B 原土の無機態窒素量の求め方

無機態窒素量（mg/100g 乾土）＝抽出液の無機態窒素濃度×(100/土壌の量)×
※１　※２
(抽出液量/1000)×（100／(100-含水率(%)）)
※３　※４

※１ 硝酸態窒素濃度＋アンモニア態窒素濃度（mg/L）。
※２ 測定した土壌の量を 100ｇ当たりに換算する係数。
※３ 抽出に用いた塩化カリウム溶液の量。
※４ 供試土壌の含水率を別途、定法により測定します。

【 計算例ｂ-2 】
生土 4.0ｇ(含水率 25%)、10%塩化カリウム溶液 50mL で 30 分間振とう抽出したときの無機態窒素濃度 3 mg L^{-1}(ppm)の場合。

抽出全無機態窒素量（mg/100g 乾土）
＝3×(100/4)×(50/1000)×(100/(100-25))＝5.0

可給態窒素含量（mg/100g 乾土）＝（抽出全窒素量－原土の無機態窒素量）×0.41
※A　※B　※C

※ ＡおよびＢ: 乾土 100ｇ当たりに換算した値
※ Ｃ抽出窒素量を可給態窒素量に換算する係数

【 計算例ｂ-3 】
計算例ｂ-1 とｂ-2 の結果から。

可給態窒素含量（mg/100g 乾土）＝（22.0－5.0）×0.41＝6.97

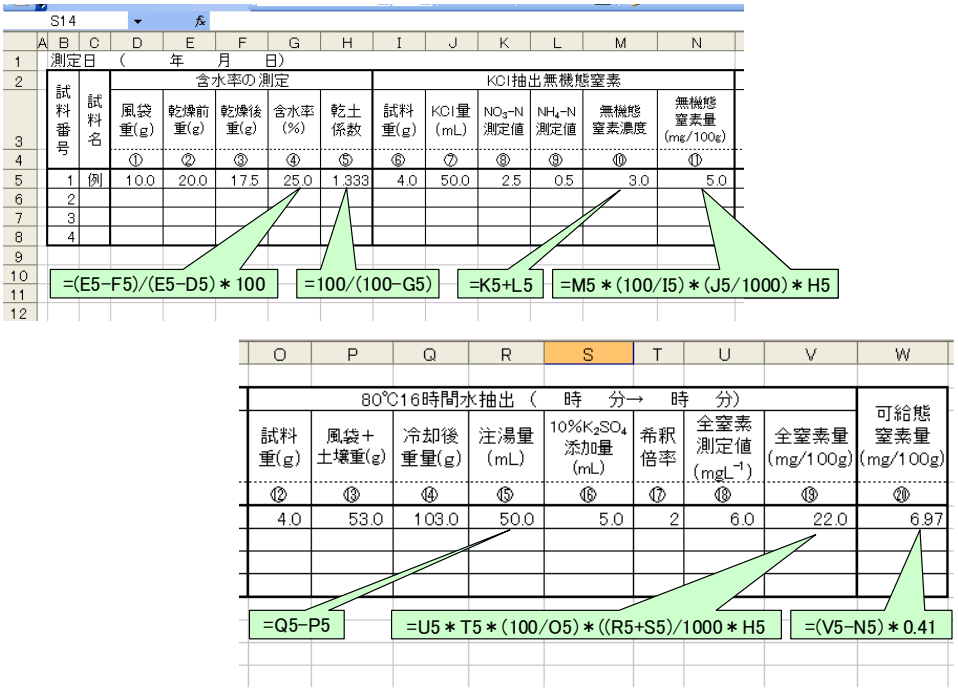


図　抽出窒素量で求める場合の計算シートの例

（３）抽出液の COD を測定する場合

COD 簡易測定キットを用いた簡易判定方法については、13 頁「第４章１．生産者向けー６）」を参照して下さい。

第5章　分析法に関するＱ＆Ａ

この章では、畑土壌の可給態窒素簡易推定法「80℃16 時間水抽出－COD 簡易測定法」に関する分析法の根拠について Q&A で解説します。

1．種類の違う土壌や堆肥連用畑にも適用できますか？

下のグラフは、畑の堆肥連用試験を行っている各地の試験研究機関から収集した土壌 112 点を使って、80℃16 時間抽出液の「抽出有機態窒素＋アンモニア態窒素増加量」と「30℃4週間保温静置培養法による可給態窒素量」との関係を示したものです。

土壌のタイプごとに（左図）、また、堆肥連用と堆肥無施用に分けてプロットすると（右図）、1つの回帰式で推定できることが判ります。

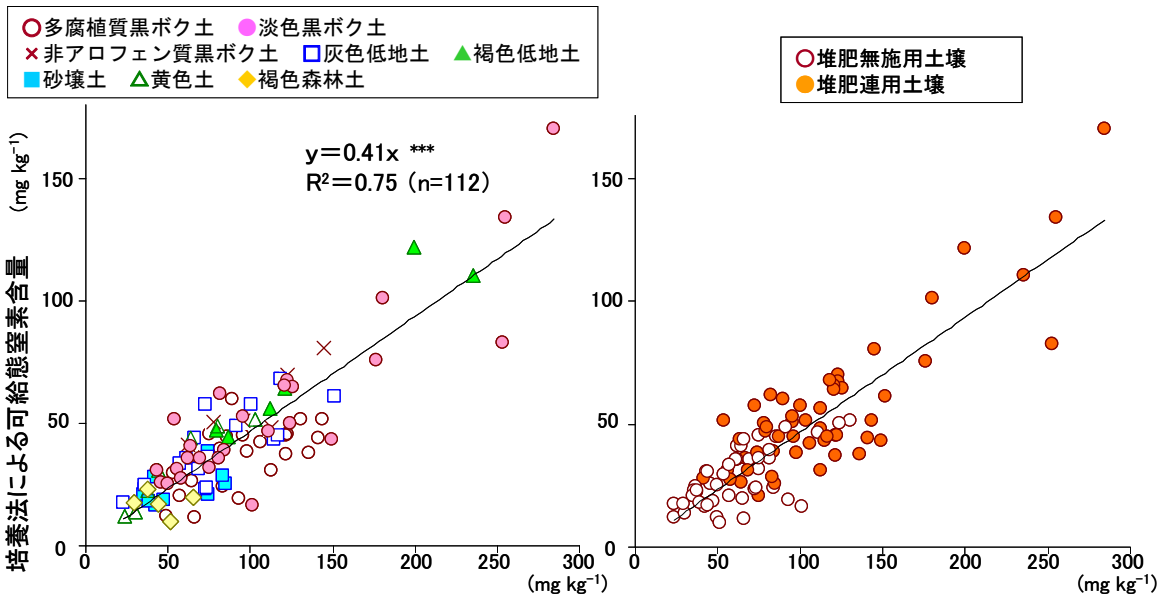


図　80℃16 時間水抽出有機態窒素＋アンモニア態窒素増加量と
　　培養法による可給態窒素含量の関係

※ 同一土壌試料を、土壌タイプ別（左図）、堆肥施用条件別（右図）でプロットした。

2. 抽出窒素からの推定でアンモニア態窒素を加算する理由は？

80℃の加熱処理によって、抽出液のアンモニア態窒素は直線的に増加し、もともと土壌に含まれていたアンモニア態窒素よりも多くなります(上図－左)。これは、熱分解によって一部の有機物からアンモニア態窒素が放出されるためと考えられます。このアンモニア態窒素増加量の割合は、土壌試料ごとに大きく異なります(上図－右)。そこで、アンモニア態窒素の増加量と抽出有機態窒素量の合計量を指標にすると、有機態窒素量のみを指標にした場合よりも可給態窒素量の推定精度が高くなります(下図－右)。

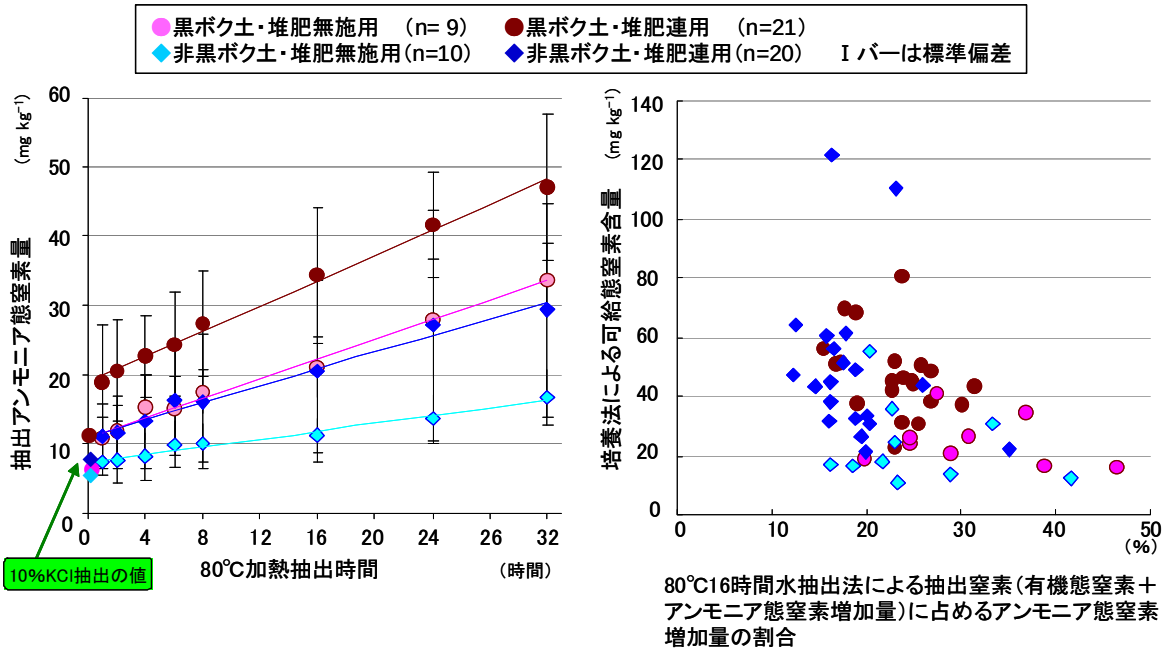


図　加熱処理によるアンモニア態窒素抽出量の増加

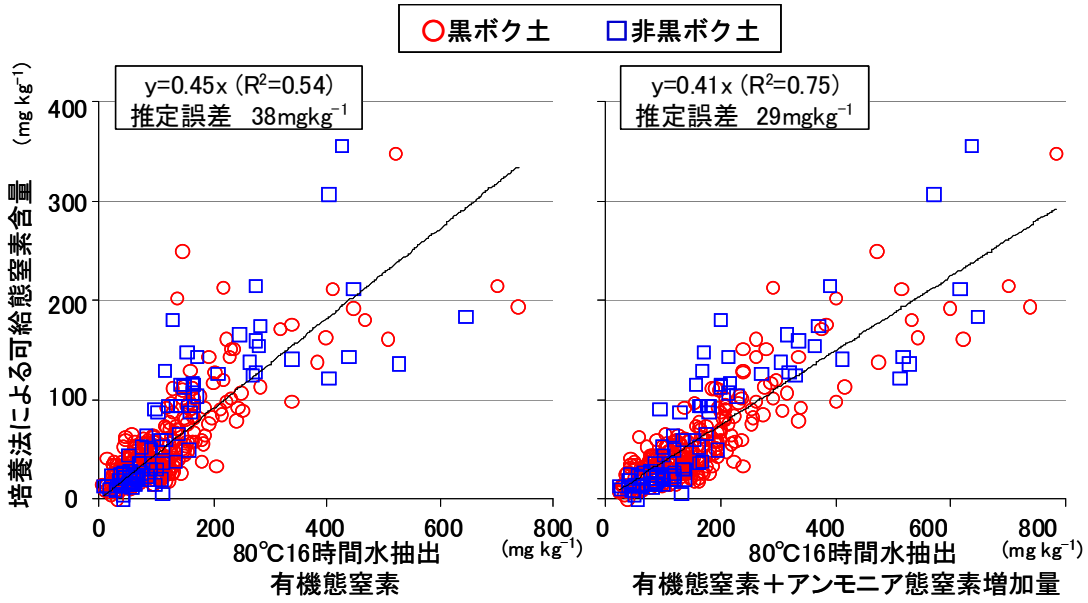


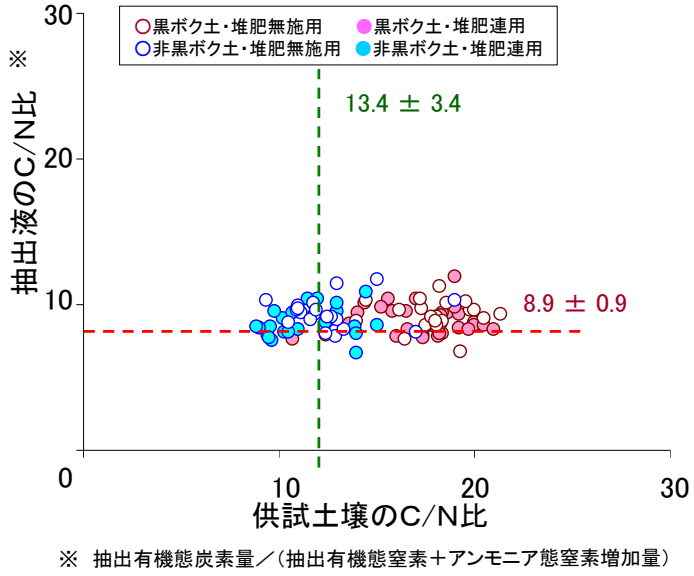
図　アンモニア態窒素抽出量の増加を考慮した推定

3. 可給態窒素量を抽出液の有機態炭素（TOC）量で推定できるのはなぜですか？

土壌のC/N比は、土壌の種類によって異なりますが、「80℃16 時間水抽出法」による抽出は、土壌の種類の違いや、堆肥施用履歴にかかわらず C/N 比が約9程度で一定になるという特徴があります（上図）。

ここで、Cは抽出有機態炭素量、Nは抽出有機態窒素＋アンモニア態窒素増加量です。

このため、TOC計など抽出液の有機態炭素量を測定できる機器があれば、可給態窒素量の推定が可能です（下図）。



※ 抽出有機態炭素量／（抽出有機態窒素＋アンモニア態窒素増加量）

図 土壌のC/N比と 80℃16 時間水抽出液のC/N比の関係

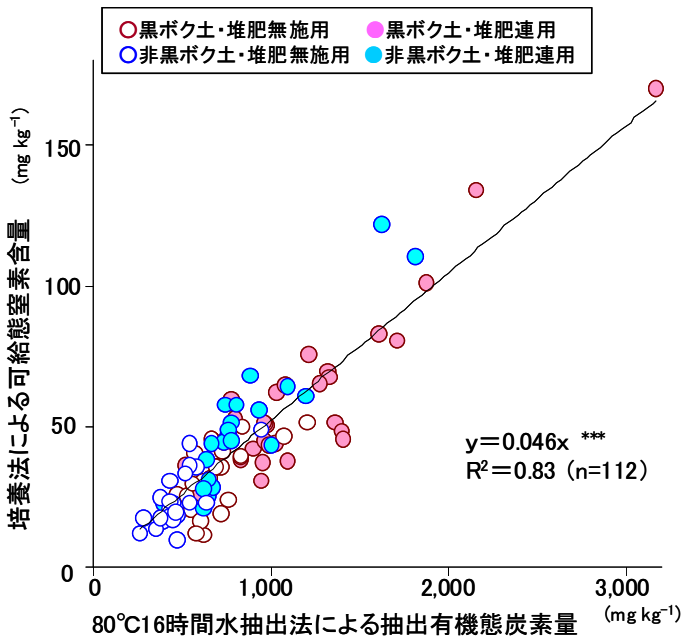


図 80℃16 時間水抽出有機態炭素量と培養法による可給態窒素含量の関係

4. 可給態窒素量をCOD値で推定できるのはなぜですか？

前項で「80℃16 時間水抽出法」は、抽出有機態炭素（TOC）量でも推定可能なことを示しました。COD は化学的酸素消費量のことで、河川・工場排水等において、同一水系ではTOC とCOD の相関が高いことが知られています。80℃16 時間水抽出液においても、抽出TOC 量と COD は極めて高い相関があることが認められました（上図）。

このため、下図のようにパックテスト COD を使っても、推定精度を落とすことなく可給態窒素量を推定することができます。

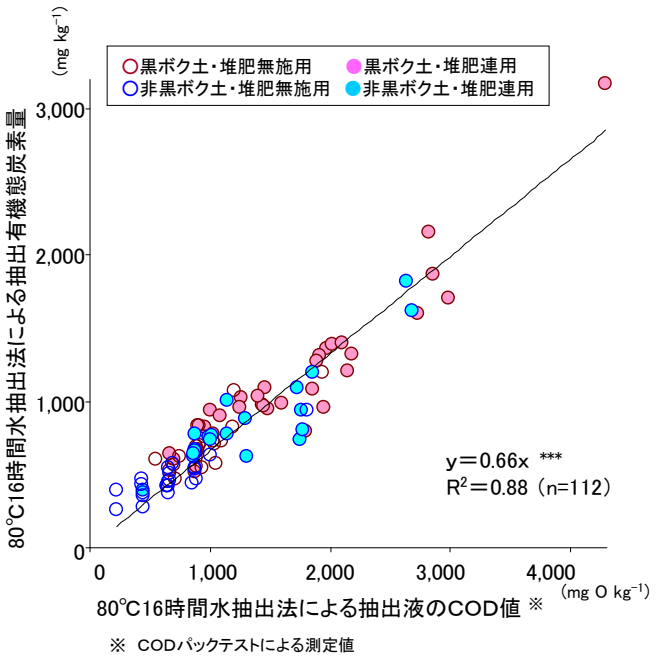


図 80℃16 時間水抽出液のCOD値と有機態炭素（TOC）量の関係

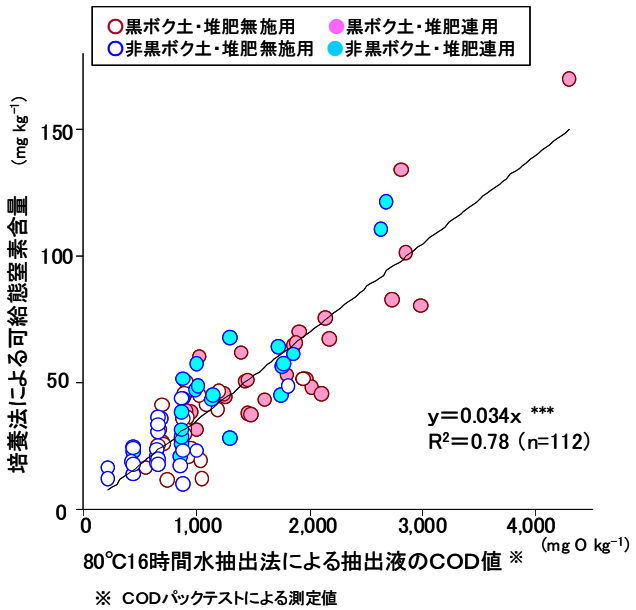


図 80℃16 時間水抽出液のCOD値と培養法による可給態窒素含量の関係

5. 抽出温度はなぜ 80℃なのですか？

下の図のように、抽出時間を1時間とし、抽出温度を 25℃～121℃の6段階に変えて検討した結果、80℃で最も推定精度が良くなります。80℃以上では、温度が高くなるほど土壌の種類ごとに回帰式が分離し、また抽出される有機物の C/N 比も高くなる傾向があります。また、室温(25℃)でも、黒ボク土が非黒ボク土から分離し、C/N 比も土壌の C/N 比を反映した値になります。このことから、抽出温度を 80℃に設定しています。

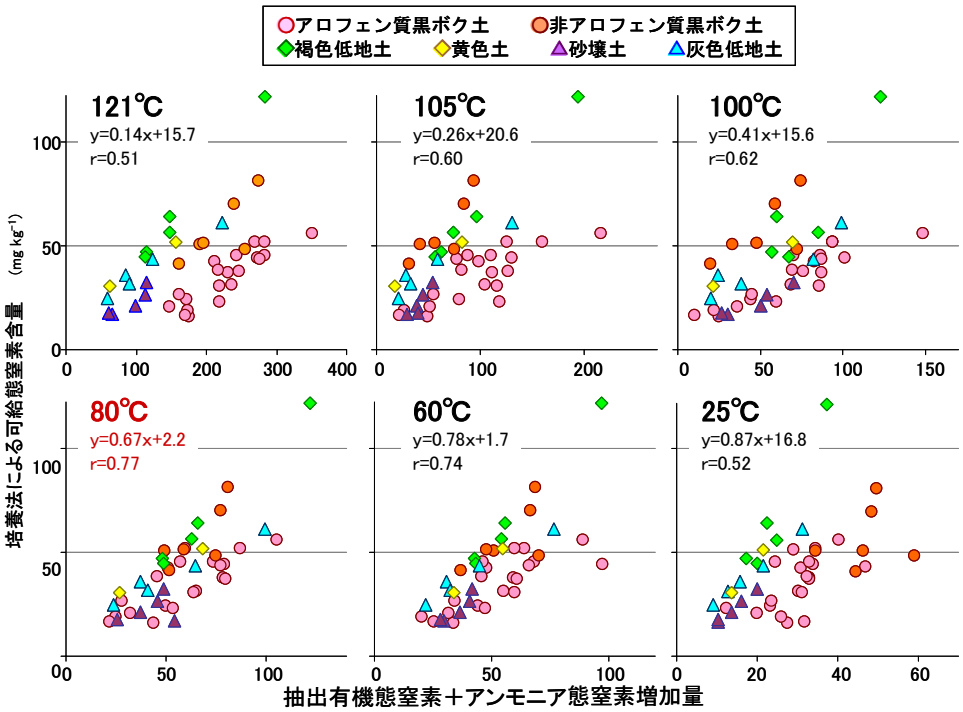


図　抽出温度の違いによる抽出窒素量と可給態窒素量の関係

土壌診断の設備が整っている分析機関では、通風恒温乾燥機など 80℃に温度調節できる器具を使用して加熱抽出を行いますが、温度調節器具を所持していない生産者などでは、電気保温ポットの活用が有効です。下の図は、通風恒温乾燥機と電気保温ポットによる抽出液の温度変化を示したものです。ともに、高い保温精度がありました。

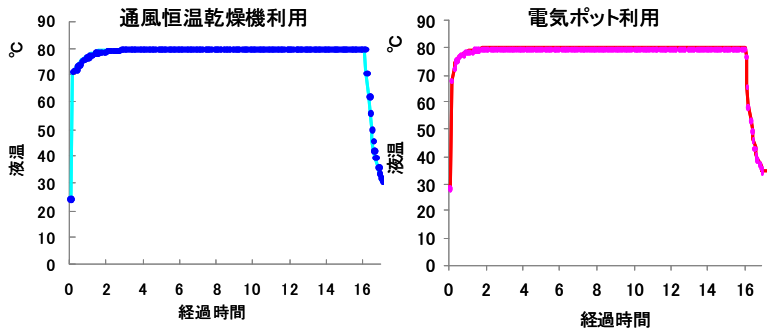


図　80℃調節時の抽出液温度の推移

6. お湯を注いで抽出を開始するのはなぜですか？

下の図は、80℃に設定した通風恒温乾燥機を使って、湯と水から加熱を開始した場合の液温の変化を比較したものです。水から加熱した場合、通風恒温乾燥機に静置する試料数によって、80℃に達するまでの時間に違いがみられ、抽出有機物量にも違いがありました。すなわち、試料2点の場合には1時間ほどで80℃になるのに対して、73 点と試料数が多いと、液温が 80℃に達するまでに4～5時間かかり、抽出有機物量が少なくなりました。そこで、抽出条件をそろえるためにお湯から抽出することにしました。

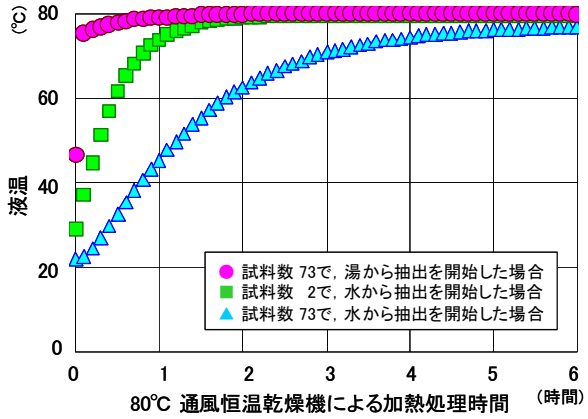
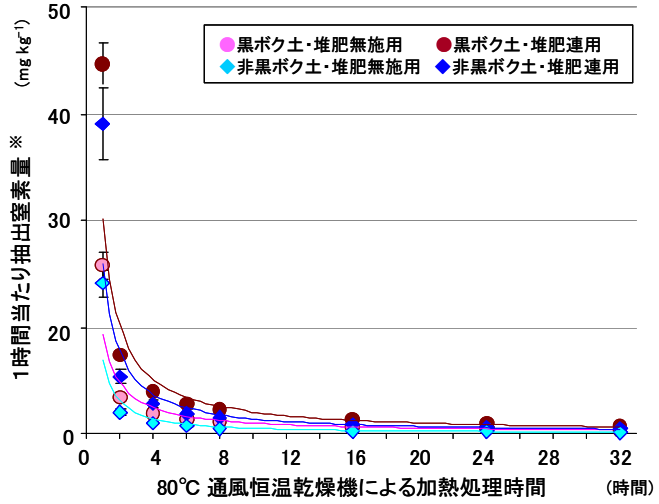


図　水、あるいは湯を加えた場合の抽出液温度の推移に及ぼす試料数の影響

7. 抽出時間はなぜ 16 時間なのですか？

加熱抽出法では、1時間当たりの抽出有機物量は加熱直後に多く、その後減少していきます。このため、最初の数時間は測定値のバラツキが大きく、時間の経過に伴ってバラツキが小さくなりました（下図）。

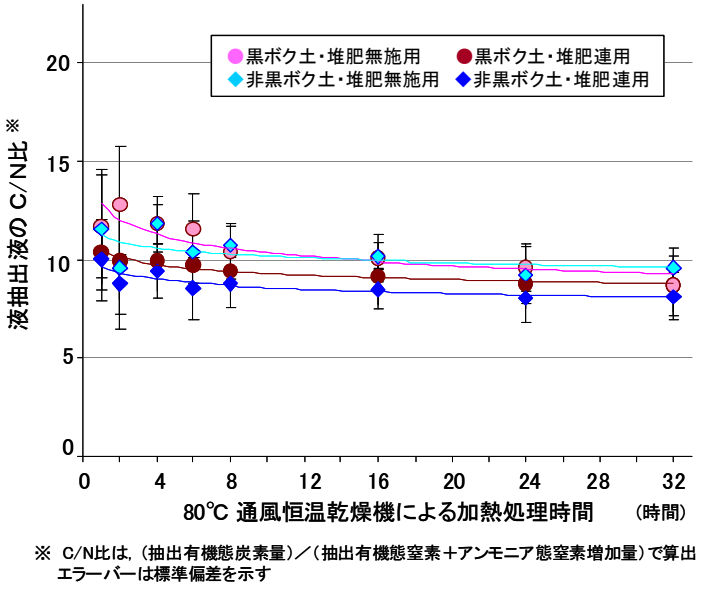


※ 抽出窒素量は，抽出有機態窒素＋アンモニア態窒素増加量 である

図　80℃加熱時間と抽出有機態窒素＋アンモニア態窒素増加量の関係

また、抽出液のC/N比も最初の数時間は、バラツキが大きく、8時間経過した頃から安定しました（下図）。

そこで、測定誤差をなるべく小さくするために、抽出時間を長くすることとし、操作の利便性を考慮して一晩の抽出を想定した 16 時間に決定しました。



※ C/N比は，（抽出有機態炭素量）／（抽出有機態窒素＋アンモニア態窒素増加量）で算出
エラーバーは標準偏差を示す

図　80℃加熱時間と抽出液のC/N比の関係

8. 冷却後に硫酸カリや食塩を添加するのはなぜですか？

「80℃16 時間水抽出法」において、抽出窒素量から可給態窒素量を推定する場合の指標は「抽出有機態窒素＋アンモニア態窒素増加量」になります。このため、加塩によって土壌に吸着しているアンモニア態窒素を抽出する必要があります。加塩しない場合、十分なアンモニア態窒素の抽出ができません。なお、加塩の有無は抽出有機態炭素量には影響しません（下図）。

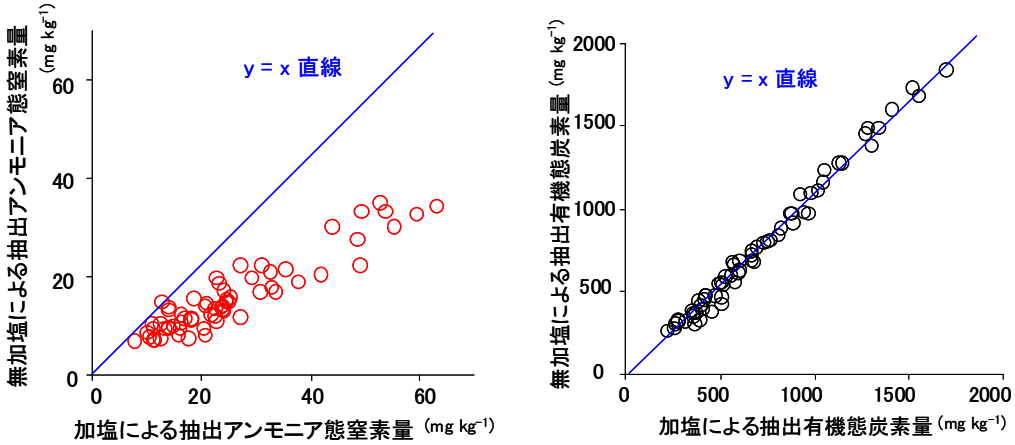


図　加塩の有無が抽出アンモニア態窒素（左）および抽出有機態炭素量に及ぼす影響

さらに、硫酸カリや食塩を加えることによって、土壌粒子の分散が抑えられ、ろ液の濁りが軽減できます（下　写真）。

写真　左：加塩せずに濁ったろ液、右：加塩した場合の透明なろ液

9. 生土でも風乾土でも測定できますか？

「80℃16 時間水抽出法」では、土壌試料が生土でも風乾土でも、乾土換算当たりで計算すると、抽出有機態窒素量も有機態炭素量も同じ測定結果が得られます（下図）。これは、本方法が乾土効果によって無機化する窒素を含めて評価していることを示しています。

このため、急ぐ場合には風乾調製をせずに測定できます。

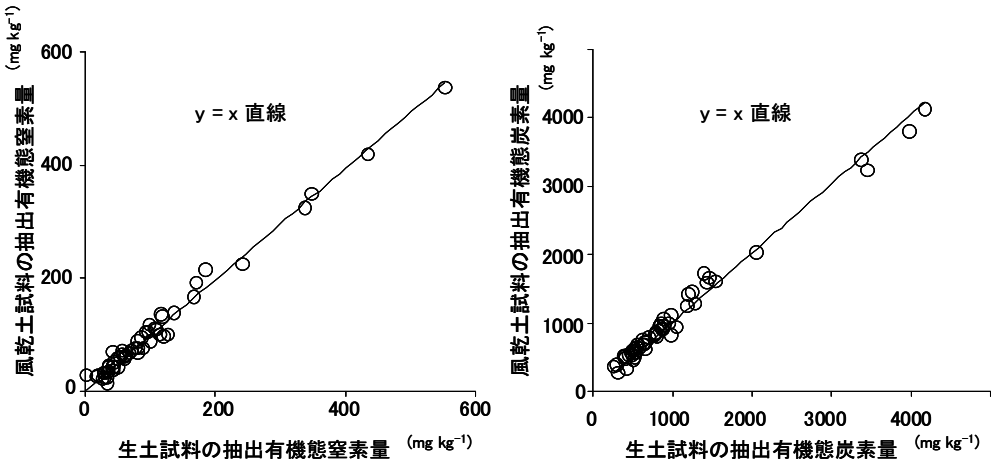


図　生土試料と風乾試料による抽出有機態窒素量（左）および抽出有機態炭素量（右）の関係

10.　同じ抽出液で土壌の無機態窒素量も測定できますか？

「80℃16 時間水抽出法」で抽出される硝酸態窒素量は「塩化カリ振とう抽出法」による測定値と同じ値になります（下図）ので、同じ抽出液で、硝酸態窒素の測定と可給態窒素の推定ができます。ただし、28 頁の項目2で示したとおり、アンモニア態窒素は加熱によって増加するため測定できません。

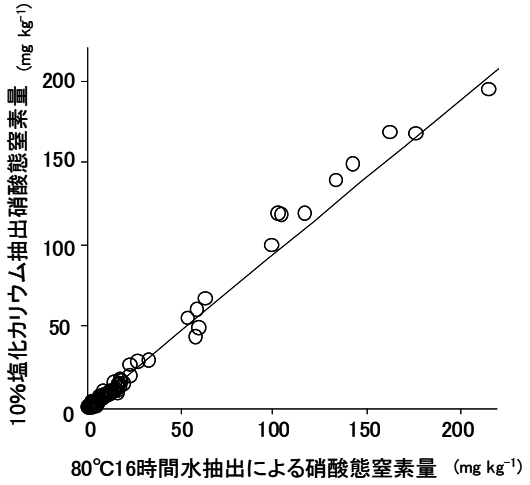


図　生土試料を用いた 80℃16 時間水抽出法による硝酸態窒素量と 10%塩化カリウム溶液抽出法による硝酸態窒素量の関係　（なお、風乾試料でも同じです。）

11.　80℃16 時間水抽出法についての参考文献は？

80℃16 時間水抽出法の詳細については、下記の文献を参考にして下さい。

日本土壌肥料学雑誌　第 81 巻　第１号(2010 年 2 月)　p. 39～43
「日本の畑土壌に対する 80℃16 時間水抽出法による可給態窒素簡易評価法の適用性」　上薗一郎・加藤直人・森泉美穂子（中央農研）

日本土壌肥料学雑誌　第 81 巻　第３号(2010 年 6 月)　p. 252～255
「80℃16 時間水抽出液の COD 簡易測定による畑土壌可給態窒素含量の迅速評価」
上薗一郎・加藤直人・森泉美穂子（中央農研）

執筆・編集者

上薗一郎　農研機構　中央農業総合研究センター
資源循環・溶脱低減研究チーム
（現在　鹿児島県農業開発総合センター生産環境部土壌環境研究室）

加藤直人　農研機構　中央農業総合研究センター
資源循環・溶脱低減研究チーム

畑土壌可給態窒素の簡易・迅速評価マニュアル

発行　2010 年 9 月
編集・発行　(独)農業・食品産業技術総合研究機構
中央農業総合研究センター
資源循環・溶脱低減研究チーム

発行　2010年9月

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構
中央農業総合研究センター
資源循環・溶脱低減研究チーム
電話　029-838-8826